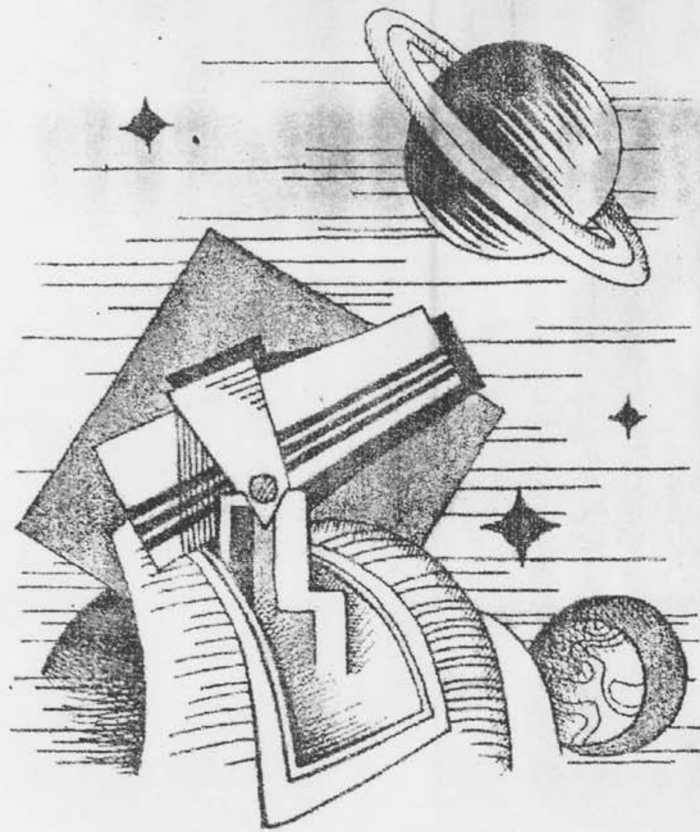
VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Джон Добсон



Как построить самодельный телескоп

Подписано в печать 26.08.2001. Формат 21x29,7/4
Бумага офсетная. Гарнитура Literaturnaya. Печать ризография.
Усл. печ. листов 2,26. Тираж 100 экз. Зак. № 78.
Напечатано в типографии ЧФ «ПринтДизайн».
61022, г. Харьков, пл. Свободы, 7

Если бы в мире был миллион любителей астрономии с телескопами, которые хотели бы дать возможность тысячам людей посмотреть в них, то появился бы шанс для тех, кто хотел видеть это.

John Dobson

John Dobson

Джон Добсон

Plans for Building a Sidewalk Telescope

Как построить самодельный телескоп

перевод с английского
Д. А. Свечкарева

Харьков ● АК "Астерион"
2001

Добсон, Дж. Как построить самодельный телескоп. – пер. с англ. Д. А. Свечкарева. – Харьков: АК "Астерион", 2001, 77 с. с илл.

Книга известного американского популяризатора астрономии Джона Добсона посвящена технике постройки несложного самодельного телескопа-рефлектора на базе монтировки, конструкция которой в свое время была предложена самим Добсоном и завоевала признание среди любителей астрономии всего мира.

Будет интересна любителям астрономии и увлекающимся телескопостроением.

© 1967-1976 John Dobson and The Sidewalk Astronomers, original text
© 2001 Д. А. Свечкарев, перевод на русский язык
© 2001 А. А. Свечкарева, обложка

Все права сохранены.

Публикуется с разрешения автора. Перепечатка либо воспроизведение любым другим способом всей книги или какой-либо ее части с целью дальнейшего коммерческого использования запрещена. При использовании материалов книги ссылка на источник обязательна. Нарушения будут преследоваться в соответствии с украинским и международным законодательством об авторских правах.

Содержание

Предисловие автора перевода ... 6
Предисловие к русскому изданию ... 11
Созерцатели неба ... 12
Меры предосторожности ... 15
Введение ... 16
Главное и вторичное зеркала ... 16
Замечание о фокусном расстоянии и светосиле ... 17
Диаметр трубы ... 17
Необходимые материалы, их подготовка ... 18
Материалы ... 18
Инструменты ... 19
План сборки монтировки для 8" телескопа ... 20
План раскройки листа фанеры для 8" телескопа ... 21
План сборки монтировки для 10" телескопа ... 22
План раскройки листа фанеры для 10" телескопа ... 23
Постройка телескопа – шаг за шагом ... 24
Подготовка трубы ... 24
Изготовление крепления для вторичного зеркала ... 25
Изготовление и установка окулярной трубки ... 30
Подготовка окуляра ... 34
Установка и юстировка крепления вторичного зеркала ... 35
Изготовление задней крышки трубы ... 36
Установка зеркала в трубу ... 41
Установка задней крышки трубы ... 44
Установка зеркала ... 45
Сборка средника ... 46
Определение расстояния между боковыми стенками ... 47
Сборка корпуса вилки и основания ... 48
Изготовление опорных подпятников и балансировка трубы ... 50
Крепление опорных подпятников ... 51
Юстировка диагонального зеркала ... 53
Юстировка объектива ... 54
Советы по изготовлению главного зеркала ... 56
Грубая шлифовка ... 56
Тонкая шлифовка ... 59
Проблемы, ошибки, предосторожности при шлифовке ... 61
Подготовка полирующей смеси и полировальника ... 64
Полировка ... 68
Контроль кривизны зеркала ... 71
Проблемы, ошибки, предосторожности при полировке ... 72
Приложения ... 73
Абразивные материалы ... 73
Производители астрономической оптики и аксессуаров ... 74
Список рекомендованной литературы по телескопостроению ... 75
Харьковский астрономический клуб "Астерион" ... 76

Предисловие автора перевода



Джон Добсон родился в Пекине, Китай, 14 сентября 1915 года. Его дед был основателем Пекинского университета, отец преподавал там зоологию, а мать была музыкантом. В 1927 из-за неблагоприятной политической ситуации в Китае семья Добсонов переехала в Сан-Франциско. В 1943 году Джон получил степень по химии в университете Калифорнии, Беркли, США, а в 1944 ушел в монастырь Веданта – крыла ордена Рамакришны – в Сан-Франциско, где провел последующие 23 года.

Свой первый телескоп, которым был небольшой рефрактор, Джон построил, желая сам посмотреть, как же на самом деле выглядит Вселенная. Один из монахов подсказал ему идею сделать зеркало, и в 1956 году Джон впервые сделал 12" зеркало из стекла корабельного иллюминатора. Когда он посмотрел в свой новый телескоп на Луну, он был очень удивлен и глубоко поражен увиденным. "Это должны видеть все" – была его первая мысль. Так начался сложный и долгий путь его служения популяризации астрономии.

В 1958 году Джона перевели в монастырь в Сакраменто, где он серьезно занялся телескопостроением. Так как Джон был монахом и у него не было денег, он должен был придумать такой способ закрепить оптику телескопа, чтобы он мог быть реализован легко с использованием подручных материалов. Такая конструкция была найдена и стала прототипом монтировки, известной сейчас как "монтировка Добсона". Однако его активная деятельность, частые отсутствия по ночам не могли не обратить на себя внимание монахов, считавших это занятие несовместимым с монашеским статусом. В конце концов, весной 1967 года он был изгнан из монастыря.

После изгнания из монастыря Джон, оставшись в душе монахом, решил посвятить остаток своей жизни общественной деятельности на благо астрономии. В 1967 году с несколькими единомышленниками, работавшими под его руководством, Джон создает общество "Тротуарные астрономы Сан-Франциско" – San Francisco Sidewalk Astronomers. В самом начале их деятельность сводилась к тому, что каждую ясную ночь они выставляли телескопы в людных местах Сан-Франциско, и тысячи желающих смотрели в них и получали подробные разъяснения по поводу того, что видели. Следует отметить, что такой вид деятельности и до сегодняшнего времени остался ключевым в философии Тротуарных астрономов – информация, предоставляемая оператором телескопа, укрепляет знания, полученные наблюдателем, и делает их более глубокими. К 1970 году у Тротуарных астрономов уже был в распоряжении 24-дюймовый полностью портативный телескоп. Через несколько лет вследствие расширения деятельности общества за пределы Сан-Франциско название этого города было исключено из названия общества.

В настоящее время Тротуарные астрономы продолжают свою активную и постоянно расширяющуюся деятельность.

Что же стоит за этими фактами, которые, безусловно, не могут полностью выразить значимость того вклада, который внес Джон Добсон в развитие любительской астрономии и популяризацию этой увлекательной науки в широких массах? Большинству любителей астрономии он наверняка знаком в первую очередь как изобретатель конструкции монтировки, названной его именем. Однако главное, что этот человек, по сути, является основателем и вдохновителем принципа "если у тебя есть телескоп – поделись им с теми, у кого его нет", т.е. абсолютно безвозмездного взаимообмена опытом и впечатлениями между любителями астрономии и людьми, которым интересно хоть краешком глаза взглянуть на бездонные просторы Вселенной. Как правило, чело-

век, который считает, что не увлечен астрономией, не остается равнодушным к этой науке наутро после ночи у телескопа.

Джон Добсон подарил миллионам людей чудеса астрономии, тайны Вселенной. В течение более чем двадцати лет он исследовал различные техники и приемы изготовления оптики для телескопов, упрощал и усовершенствовал это искусство, чтобы сделать более доступным для начинающих телескопостроителей процесс превращения стеклянной заготовки в "глаз в небеса" их собственными руками. Монтировка системы Добсона, которую Джон сознательно отказался патентовать, сделала большие и удобные в управлении телескопы доступными широким массам любителей.

Вся жизнь Джона Добсона, "звездного евангелиста", – захватывающий пример и наука окружающим, как настоящий энтузиаст своего дела, человек, отдавший всего себя общественной деятельности, безгранично любящий свою планету и тех, кто на ней живет, и вместе с тем неразрывно связанный с тем бездонным пространством, которое ее окружает, может стать без преувеличения живым символом своего времени и вдохновителем для многих тысяч своих последователей. И по сей день основной задачей и целью своей жизни он видит всестороннее расширение своей деятельности, и он часто напоминает об этом своим друзьям и помощникам, говоря: "Миллионы глаз ждут"…

Эта книга содержит наглядные описания техники постройки самодельного телескопа на базе монтировки Добсона, исходя из сравнительно доступных материалов и инструментов, так что в ее актуальности для нашего любителя астрономии вряд ли можно усомниться.

Дешевизна и быстрота в изготовлении, однако, не являются единственными положительными характеристиками монтировок данной конструкции. По многочисленным отзывам такие монтировки очень удобны в наведении и дальнейшем гидировании объекта даже без механизма тонких движений, легким постукиванием по трубе. К сожалению, эта конструкция, как и многие другие, не свободна от недостатков. В частности, особенности расположения окулярного узла могут служить причиной неудобств при наблюдении объектов, находящихся невысоко над горизонтом. В общем же предлагаемая конструкция монтировки завоевала заслуженное доверие тысяч любителей астрономии и телескопостроителей, а также внедрена в серийное производство ведущими мировыми изготовителями астрономической оптики.

В отличие от оригинального варианта, русское издание дополнено инструкциями и советами по изготовлению оптики для телескопа-рефлектора системы Ньютона, статьей Джона Добсона "Созерцатели неба", в которой изложены его взгляды на наше место среди прочих существ, обращающих свои взоры вверх в бездну Вселенной. Размеры, выраженные в дюймах, сопровождаются эквивалентными в метрической системе. Список зарубежных производителей готовой оптики заменен на соответствующий список отечественных производителей. Для удобства читателей в конце книги приведен список основной литературы по телескопостроению, вышедшей на русском языке.

Переходя к традиционным благодарностям, хочу отметить, что выполнение этого перевода не было бы возможным без всесторонней поддержки всех перечисленных здесь людей, а не только каждого в отдельности.

В первую очередь хочу выразить глубокую признательность автору книги, Джону Добсону, за его бесценный вклад в развитие любительской астрономии, а также за любезное согласие на перевод. Огромная благодарность также Донне Смит за долгую интересную переписку, готовность к сотрудничеству и помощь в решении организационных вопросов; Дмитрию Федотову за оригинальные идеи и действенную помощь в их воплощении; Александру Клещевникову за постоянную помощь и поддержку, в том числе и при подготовке материалов для книги и

выполнении перевода отдельных ее фрагментов; Анастасии Свечкаревой за оформление обложки для книги; Александру Петровичу Железняку за внимательное прочтение перевода и высказанные авторитетные замечания и предложения; а также всем, кто так или иначе причастен к выходу в свет настоящей книги.

И, конечно же, последняя по порядку, но не по значимости, большая благодарность вам, уважаемый читатель, за то, что проявили интерес к этой книге. Надеюсь, он будет оправдан.

Буду очень признателен за ваши отзывы и предложения. Пишите по адресу: а/я 8857, 61058 Харьков, Украина, или на e-mail: clubtre@sky.net.ua.

Читайте, стройте и делитесь своими телескопами с другими!

Денис Свечкарев,
30 августа 2001 года,
Харьков

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Харьковскому астроклубу "Астерион":

Я не собирался ничего начинать, однако когда я узнал и понял для себя, что Вселенная состоит из водорода и движима объединяющим действием гравитации, я захотел увидеть, как она выглядит, и мы сделали 12" телескоп. Позже я с моими друзьями построил несколько больших телескопов: у нас были 24" длиной более 13 футов, 18" длиной 9 футов, 16" длиной 8 футов и, немногим позднее, 22" длиной почти 14 футов. С помощью этих телескопов, а также демонстраций слайдов, мы начали пропаганду астрономии в национальных и государственных парках, резервациях – от Канады до Мексики – с единственной целью помочь людям увидеть и понять Вселенную, в которой мы живем. И тем отраднее для меня видеть теперь, что такие, как вы, готовы помочь большему количеству людей увидеть и понять. Миллионы людей ждут!

Джон Л. Добсон,
5 июня 2001 года,
Сан-Франциско

Созерцатели неба

Одна из главнейших проблем человеческого познания состоит в том, что мир, который мы видим с поверхности этой планеты в солнечный день, совсем не похож на Вселенную как таковую. Наша Земля состоит из железа и камня; Вселенная же – практически целиком из водорода. И события, которые происходят на поверхности нашей планеты, имеют место благодаря гравитации.

То, что мы видим – это материки, океаны, реки и озера, горные цепи, леса, тундра и прерии. Но Вселенная – это в основном газ, частично сжатый гравитацией в галактики и звезды, с незначительными вкраплениями – то здесь, то там – межзвездной пыли. Пыль также получается из водорода в самом центре звезд, и затем разбрасывается по галактикам посредством взрывов и потоков частиц, исходящих от звезд, значительно больших и горячих, чем наше Солнце.

Глыба, на которой мы живем, состоит из такой самой пыли. Это как бы один экземпляр большой коллекции. Более тяжелые элементы, такие как железо, сконцентрировались к центру, покрытые каменной мантией и тонким слоем воды и газа. Со времени образования этого "музейного экспоната" прошло уже более 5 миллиардов лет, и к теперешнему времени растворимые компоненты поверхностных слоев скальных пород перешли в водный слой, делая океаны солеными.

Наша соленая кровь – это древнее соленое море, существовавшее около 400 миллионов лет назад. Тогда еще наши пещерные предки кочевали с места на место в поисках воды, рыбы... Вышедшие оттуда, мы и сейчас можем рассматривать наши тела как небольшие емкости с морской водой, построенные на костном скелете, поглощающие кислород прямо из атмосферы, нас

окружающей, и ходящие по камням, смотрящие горящими глазами в бездонную черноту ночи, навстречу Вселенной, по ту сторону бытия.

Даже кислород, который мы вдыхаем, высвобождается солнечными лучами из клеток наших фотосинтезирующих предшественников – сначала сине-зеленых водорослей в море, а затем зеленых листьев в дождевом лесу. И дождь тоже как бы подчинен солнечному свету. Но Вселенная в широком понимании не имеет атмосферы, там нет дождей и нет солнечного света. Там очень холодно, очень темно и очень одиноко, и все состоит из попыток объединиться, движимых, кажется, необъяснимым стремлением тел друг к другу.

И даже солнечное излучение происходит из этого стремления к объединению, которое и подняло температуру внутри Солнца до 15 миллионов градусов Цельсия. И только благодаря тому, что гравитационному сжатию противостояло давление частиц из центра Солнца, оно смогло вот уже 5 миллиардов лет согревать нашу Землю своими лучами. Только эта помеха сделала возможным наше долгое развитие до тех пор, пока мы не смогли выйти из воды и наслаждаться наблюдением чуда на звездном ночном небе.

Но в то время как мы, как живые организмы, обязаны своим существованием и развитием Солнцу, его слепящий свет мешает нам увидеть Вселенную днем. Голубизна дневного неба – это не цвет воздуха, а коротковолновое излучение Солнца, рассеиваемое атмосферой. А сама атмосфера ночью, неосвещенная Солнцем, достаточно прозрачна, чтобы дать нам возможность наблюдать сквозь нее богатства Вселенной.

Однако единственного созерцания недостаточно. Это только начало. Нам еще необходимо понимать то, что мы видим, и что все это имеет историю. Понимание зиждется на фундаменте представлений и информации, которая приходит к нам из прошлого, пусть и не из очень далекого прошлого. Речь не идет о тех нескольких первых миллионах лет после того, как мы вышли на

сушу и оглянулись на окружающий нас мир, потому что в те далекие дни и ночи то мировоззрение, которое у нас формировалось, и та информация, которую мы получали, не могли быть переданы из поколения в поколение. У нас попросту не было способа передать эту информацию. Она не передается генетически, а общение тогда еще не было возможно.

Письменности, с которой и посредством которой наши представления о мире и другая информация широко распространяются, и тому, что мы гордо называем "Веком Науки", всего лишь несколько тысяч лет. Устное общение несколько старше. Возможно, его появление было обусловлено недостаточностью языка тела – не более 10-15 миллионов лет тому назад.

И даже язык тела, общий для обезьян и понятный орангутангам, гориллам, шимпанзе и нам самим, возник не более 50 миллионов лет назад. Нашей большой выгодой в те ранние времена были генетически передаваемые способности. Вследствие естественного отбора мы приобрели острое зрение и улучшили способность мыслить и понимать. Это и есть та способность, которая выделяет нас среди прочих *созерцателей неба*.

Меры предосторожности

Внимательно ознакомьтесь с мерами предосторожности перед тем, как заказать зеркало и приступить к изготовлению вашего телескопа!!!

- **Солнечный свет, отраженный от поверхности зеркала телескопа, может стать причиной СЛЕПОТЫ или ПОЖАРА!**
- **Работу с телескопом всегда ведите только в помещении или в тени!**
- **Телескоп, описанный в книге, предназначен ТОЛЬКО ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОЧЬЮ!**
- **Никогда не устанавливайте ваш телескоп в месте, где в него может попасть солнечный свет!**
- **НИКОГДА НЕ СМОТРИТЕ НА СОЛНЦЕ ЧЕРЕЗ ВАШ ТЕЛЕСКОП!**

Введение

Эта брошюра содержит подробные инструкции для постройки телескопа на базе монтировки Добсона с использованием восьми- или десятидюймового зеркала (в США принята мера длины – дюйм – равная 1" = 2.54 см – *прим. перев.*).

Для того, чтобы построить телескоп, вам понадобится одно главное зеркало (объектив) и одно диагональное плоское зеркало (вторичное). Они могут быть изготовлены вами или заказаны у промышленных производителей.

ПОМНИТЕ! ЗЕРКАЛА ТЕЛЕСКОПА ЯВЛЯЮТСЯ МОЩНЫМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ СВЕТА. ОБЯЗАТЕЛЬНО ОЗНАКОМЬТЕСЬ С МЕРАМИ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ И ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЯМИ НА СТРАНИЦЕ 15 ПЕРЕД ТЕМ, КАК РАБОТАТЬ С ЗЕРКАЛАМИ!

Схемы раскройки листов фанеры, приведенные на страницах 21 и 23, предназначены для постройки телескопов с главными зеркалами 8" (203 мм) и 10" (254 мм) соответственно, но вы можете, руководствуясь тем же принципом, построить телескоп с зеркалом до 15" (381 мм) в диаметре. Только запомните, что труба вашего телескопа должна быть как минимум на 1 1/2" (4 см) больше в диаметре, чем главное зеркало. Затем пропорционально увеличьте размеры средника и вилки.

Для телескопов с диаметром главного зеркала 16" (406 мм) и более необходима другая конструкция крепежной системы.

Главное и вторичное зеркала

То, что мы называем "тротуарным" телескопом, или телескопом Добсона – это обычный рефлектор системы Ньютона на деревянной альтазимутальной монтировке. Телескоп состоит из вогнутого главного зеркала (объектива), которое обычно крепится в задней (закрытой) части трубы. Оно собирает свет от наблюдаемого объекта в фокус и строит изображение этого объекта в так называемой фокальной плоскости в передней (открытой) части трубы.

Небольшое плоское зеркало с лицевой отражающей поверхностью, называемое вторичным или диагональным, устанавливается внутри трубы телескопа у ее переднего конца. Это зеркало устанавливается под углом 45° к оси трубы телескопа, откуда и произошло его название. Оно отражает свет, идущий от главного зеркала, в сторону, где его легче собрать с помощью окуляра. Размер вторичного зеркала зависит от диаметра и светосилы объектива.

Замечание о фокусном расстоянии и светосиле

Светосила объектива, который вы выбрали, определяет, какой длины будет труба вашего телескопа. 10-дюймовое зеркало светосилой f/7 даст фокусное расстояние 70" (178 см). (Для этого необходимо просто умножить светосилу на диаметр в соответствующих единицах.) Вам необходимо будет отрезать трубу, по длине равную фокусному расстоянию главного зеркала, то есть труба вашего телескопа будет иметь длину 70". 8-дюймовое зеркало с той же светосилой будет иметь фокусное расстояние 56" (142 см), что соответствует длине трубы также 56".

Джон Добсон рекомендует строить телескоп с использованием зеркала светосилой в пределах f/6 ÷ f/7.

Фокусное расстояние вашего зеркала, которое также будет длиной трубы вашего телескопа, можно найти по формуле:

[светосила] × [диаметр] = [фокусное расстояние] = [длина трубы]

Диаметр трубы

Труба телескопа должна быть на 2" (5 см) больше диаметром, чем главное зеркало. Так, для 10" (254 мм) зеркала нужна труба диаметром 12" (305 мм), для 8" (203 мм) – труба диаметром 10".

Необходимые материалы, их подготовка

Материалы

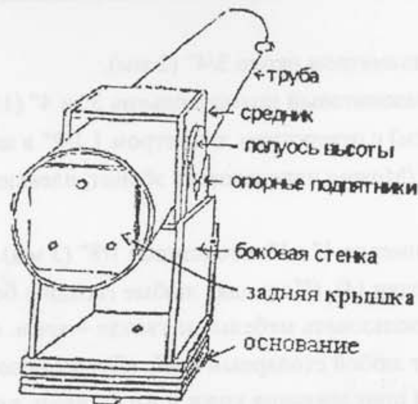
- **Картонная труба (1).** Можно использовать сердцевины от различного рода катушек, а также пластиковые трубы (менее желательно).
- **Фанера.** Одного листа размерами 4' × 8' × 3/4" толщина (1.22 м × 2.44 м × 2 см – *прим. перев.*) хватит на изготовление телескопа с диаметром главного зеркала 8" или 10".
- **Краска.** Лучше всего подойдет черная (в крайнем случае любая темная) матовая краска для внутренней части трубы и любая темная – для внешней (окрашивание внешней части трубы необязательно).
- **Шурупы** с плоскоконическими головками длиной около 3/4" (2 см). Понадобится около дюжины.
- **Гвозди** разных размеров.
- **Шурупы (3)** длиной 1" (25 мм) и диаметром 3/8" (1 мм).
- **Шуруп с квадратной головкой (1)** длиной 3" (76 мм), диаметром 1/2" (13 мм).
- **Виниловая пластинка (1)**, годится непригодная к использованию по назначению.
- **Хромированная латунная трубка (2)** внешним диаметром 1 1/2" (38 мм), одна длиной около 1 1/2", другая – 6" (15 см).
- **Кедровая щепа (кровельная дранка) (3)**, примерно 1 1/2" – 2" шириной. Они легко ломаются, так что неплохо будет иметь под рукой несколько запасных.
- **Деревянный штырь (1)** диаметром около 1 3/4" (4.5 см), длиной примерно 3" (7.5 см).
- **Картонная трубка (1)** внутренним диаметром 1 1/2", длиной около 2".
- **Канцелярские кнопки (3).**

- **Кожаные прокладки (3)**: небольшие кусочки кожи размерами примерно 1" × 1" (25 × 25 мм). Можно использовать старый кожаный ремень.
- **Наклейка (1)** диаметром около 3/4" (2 мм).
- **Мазонит (4)**: мазонитовый прямоугольник 3" × 4" (1/2" толщиной) (7.5× 10 × 1.3 см) с отверстием диаметром 1 1/2" в центре, а также 3 куска 1" × 1". (Можно использовать эбонит, плексиглас или т.п. – *прим. перев.*)
- **Тефлон (7)**: примерно 1" ×1" и толщиной 1/8" (3 мм).
- **Стопорные гвозди (4).** (Подходят любые гвозди с большой шляпкой, хорошо использовать мебельные гвозди – *прим. перев.*)
- **Клей.** Подойдет любой столярный клей. (Лучше использовать универсальные (для приклеивания кожи и т.п.) – *прим. перев.*)
- **Картон.**
- **Главное зеркало.** Смотрите советы по выбору зеркала на стр. 17, список изготовителей астрономической оптики и аксессуаров на стр. 74 и инструкции для самостоятельного изготовления зеркала на стр. 56.
- **Вторичное зеркало (1).** Смотрите список изготовителей астрономической оптики и аксессуаров на стр. 74.
- **Окуляр(ы).** Смотрите список изготовителей астрономической оптики и аксессуаров на стр. 74.

Инструменты

- **Молоток**
- **Дрель и сверла**
- **Циркуль**
- **Шило**
- **Пила** (пригодится отрезной станок, но не обязательно)
- **Рулетка**
- **Угольник**
- **Отвертки разные**
- **Гаечный ключ**

План сборки монтировки для 8" телескопа



Из фанеры толщиной 3/4" выреза

следующие детали:

Деталь A (2 шт.) 10 1/2" × 10 1/2"

Деталь B (4 шт.) 10 1/2" × 12"

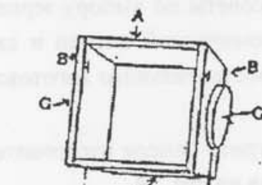
Деталь C (7 шт.) 14 1/2" × 15 3/4"

Деталь D (3 шт.) 2" × 2" (опоры)

Деталь E (1 шт.) 8" × 8" (зад. крышк

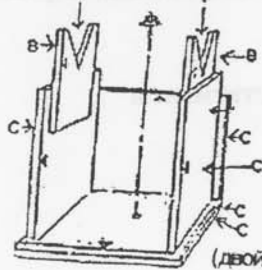
Деталь F (4 шт.) 1" × 4" (не показаны

Деталь G (2 шт.) диаметром 6" (круп

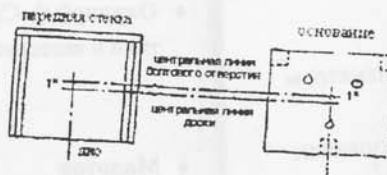


План сборки фанерных деталей

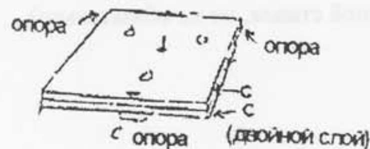
(заглавные буквы соответствуют деталям, перечисленным выше)



Вилка



Передняя стенка выступает относительно боковых. Боковые стенки устанавливаются на таком расстоянии, чтобы опорные подпятники принимали полуоси высоты. Подпятники должны располагаться как можно ниже, но позволять трубе телескопа свободно становиться вертикально.

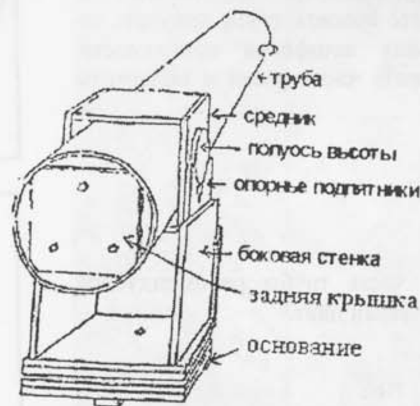


План раскройки листа фанеры для 8" телескопа

	15 3/4" = 0.40 м	15 3/4" = 0.40 м	15 3/4" = 0.40 м		
14 1/2" = 0.37 м	Деталь C	Деталь C	Деталь C		
14 1/2" = 0.37 м	Деталь C	Деталь C	Деталь C		
14 1/2" = 0.37 м	Деталь C	Неиспользуемая часть			
12" = 0.31 м	Деталь B	Деталь B	Деталь B	Деталь B	8' = 2.44 м
10 1/2" = 0.27 м	Деталь A	Деталь A	Деталь E	Неиспользуемая часть	
	Неиспользуемая часть				
	4' = 1.22 м				

- Деталь A – 2 прямоугольника 10 1/2" × 10 1/2" (0.27 м × 0.27 м)
- Деталь B – 4 прямоугольника 10 1/2" × 12" (0.27 м × 0.31 м)
- Деталь C – 7 прямоугольников 14 1/2" × 15 3/4" (0.37 м × 0.40 м)
- Деталь D – 3 прямоугольника 2" × 2" (0.05 м × 0.05 м) – вырезать из остатков
- Деталь E – 1 прямоугольник 8" × 8" (0.20 м × 0.20 м)
- Деталь F – 4 прямоугольника 1" × 4" (0.025 м × 0.01 м) – вырезать из остатков
- Деталь G – 2 круга 6" (0.15 м) в диаметре – вырезать из остатков

План сборки монтировки для 10" телескопа



Из фанеры толщиной 3/4" вырез[...]

следующие детали:

Деталь A (2 шт.) 12 1/2" × 12 1/2"

Деталь B (4 шт.) 12 1/2" × 14"

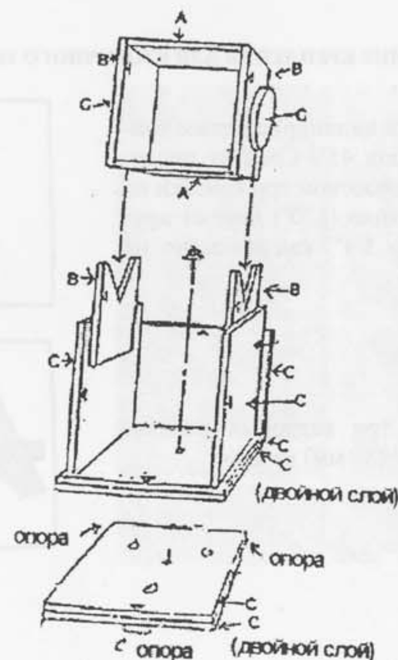
Деталь C (7 шт.) 15 3/4" × 18"

Деталь D (3 шт.) 2" × 2" (опоры)

Деталь E (1 шт.) 10" × 10" (задняя крышка)

Деталь F (4 шт.) 1" × 4" (не показаны[...]

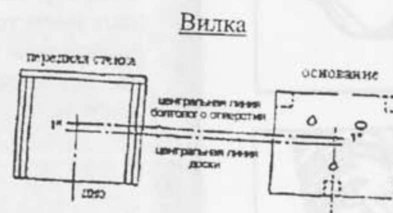
Деталь G (2 шт.) диаметром 6" (круг[...]



План сборки фанерных деталей

(заглавные буквы соответствуют деталям, перечисленным выше)

Вилка



Передняя стенка выступает относительно боковых. Боковые стенки устанавливаются на таком расстоянии, чтобы опорные подпятники принимали полуоси высоты. Подпятники должны располагаться как можно ниже, но позволять трубе телескопа свободно становиться вертикально.

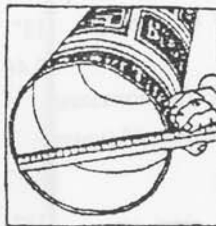
План раскройки листа фанеры для 10" телескопа

	15 3/4" = 0.40 м	15 3/4" = 0.40 м	15 3/4" = 0.40 м	
18" = 0.46 м	Деталь C	Деталь C	Деталь C	
18" = 0.46 м	Деталь C	Деталь C	Деталь C	
18" = 0.46 м	Деталь C	Деталь E	Неиспользуемая часть	8' = 2.44 м
14" = 0.36 м	Деталь B	Деталь B	Деталь B	Неиспользуемая часть
14" = 0.36 м	Деталь B	Деталь A	Деталь A	Неиспользуемая часть
	Неиспользуемая часть			
	4' = 1.22 м			

- Деталь A – 2 прямоугольника 12 1/2" × 12 1/2" (0.32 м × 0.32 м)
- Деталь B – 4 прямоугольника 12 1/2" × 14" (0.32 м × 0.36 м)
- Деталь C – 7 прямоугольников 15 3/4" × 18" (0.40 м × 0.46 м)
- Деталь D – 3 прямоугольника 2" × 2" (0.05 м × 0.05 м) – вырезать из остатков
- Деталь E – 1 прямоугольник 10" × 10" (0.25 м × 0.25 м)
- Деталь F – 4 прямоугольника 1" × 4" (0.025 м × 0.01 м) – вырезать из остатков
- Деталь G – 2 круга 6" (0.15 м) в диаметре – вырезать из остатков

Постройка телескопа – шаг за шагом

Подготовка трубы



1 Диаметр трубы телескопа должен быть примерно на 2" (5 см) больше, чем диаметр главного зеркала.



2 Следует аккуратно снять слой пластика с внутренней стороны трубы.



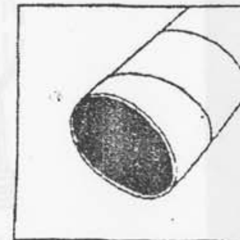
3 Удаление пластика с трубы.



4 Аккуратное снятие пластика позволит сохранить его целым и облегчить процесс удаления.



5 Некоторые трубы изнутри покрыты воском. Если вы хотите красить трубу изнутри, то предварительная шлифовка поверхности поможет удалить часть воска и облегчить покраску.

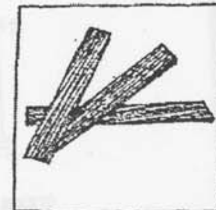


6 Внутреннюю часть трубы рекомендуется покрасить в черный цвет.

Изготовление крепления для вторичного зеркала

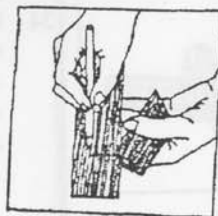


7 Штырь (деревянный цилиндр) с одним концом, обрезанным под 45°. Следует проделать в нем тонким полотном три канавки на одинаковом расстоянии (120°) друг от друга, глубиной около 1/4", как показано на рисунке.



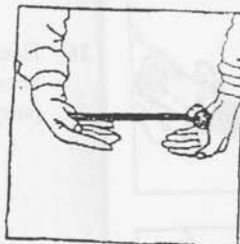
8 Нам понадобится три кедровых планки, шириной около 1.5" (38 мм) каждая.

9 Разметьте концы планок, чтобы они были хорошо притерты к канавкам штыря.



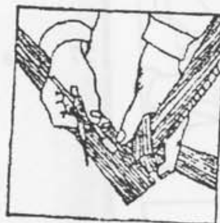
10 Если планки отрезаны так, что они хорошо входят в канавки и остаются неподвижными, то их не следует приклеивать. Это облегчает последующую разборку.



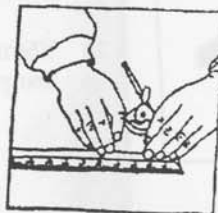


11 Вставьте планку в канавку.

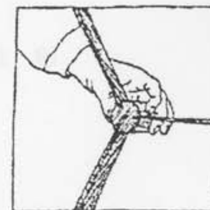
12 Сделайте то же самое с оставшимися двумя планками.



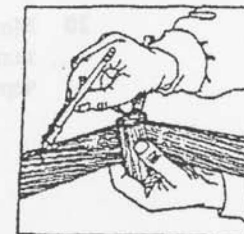
13 Выставьте на циркуле радиус трубы телескопа.



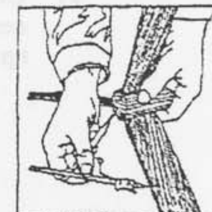
14 Одну ножку циркуля поставьте в центр штыря.



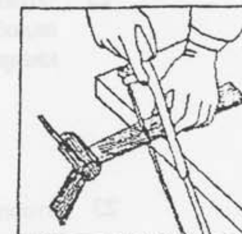
15 Разметьте одну из планок, как показано на рисунке.



16 Разметьте оставшиеся две планки тем же самым способом.



17 Отпилите лишние куски планок по меткам.



18 Подпилите немного углы планок так, чтобы они не раскололись при установке получившихся распорок в трубе.



19 Все углы должны быть подпилены.



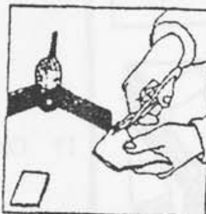
20 Можно покрасить распорки (или просто детали, обращенные к окулярной части) в черный цвет.



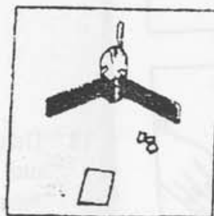
21 Сторона, отрезанная диагонально, должна остаться некрашенной, чтобы обеспечить правильное приклеивание.



22 Отрежьте кожаные прокладки. Нам их понадобится три штуки примерно по 1/2 квадратного дюйма каждая.



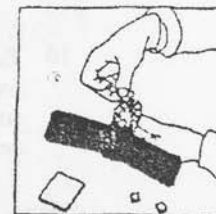
23 Вторичное зеркало (плоское с лицевой отражающей поверхностью). Его еще иногда называют "диагональным". (Вторичные зеркала могут быть также овальной формы.)



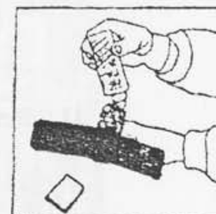
24 Нанесите клей на три точки диагональной плоскости штыря. (Если использовалась липкая лента для защиты при покраске, ее необходимо удалить!) Кожаные прокладки должны быть приклеены прямо на дерево.



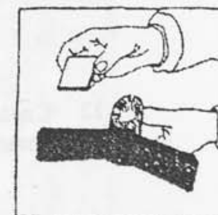
25 Кусочки кожи должны быть приклеены точно между канавками. Удостоверьтесь, что кожа хорошо смачивается клеем и ложится на дерево.



26 После того, как кожаные прокладки приклеены, нанесите клей на их верхнюю сторону...



27 ... а сверху положите вторичное зеркало.

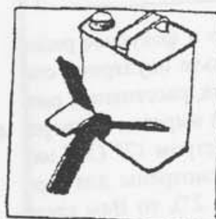


28 Убедитесь, что зеркало лежит точно по центру штыря.



29 Необходимо выдерживать зеркало в горизонтальном положении, пока клей не засохнет.

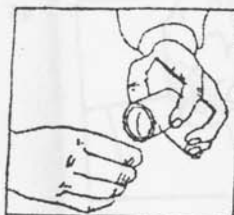


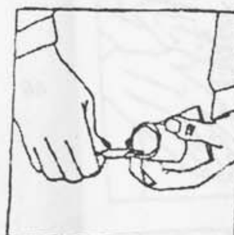


30 Пример закрепления распорок с зеркалом на время высыхания клея.

Изготовление и установка окулярной трубки

31 Приклеивание картонной окулярной трубки к мазонитовой пластинке 3" × 4" (7.5 × 10 см) с вырезанным в центре отверстием диаметром 1.5" (38 мм).





32 Необходимо немного подрезать внутренний край трубки ножом, чтобы в нее легко вошла латунная трубка.

33 Латунная трубка должна быть хорошо притерта к картонной…





34 … и легко вдвигаться в нее и выдвигаться обратно.



35 Если латунная трубка слишком плотно вошла в картонную, то можно срезать небольшой слой картона во внутренней части трубки.

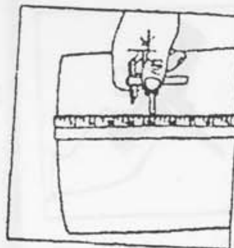


36 Если латунная трубка слишком свободно двигается в картонной, то необходимо приклеить небольшую полоску картона внутрь трубки по всей ее длине. При этом проследить, чтобы конец полоски выступал наружу. Его следует перегнуть через край трубки и приклеить с другой ее стороны.



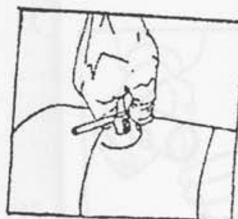
37 Укладка тонкого слоя клея на стык окулярной трубки и пластинки.

38 Определение местоположения бокового окулярного отверстия. Смотрите замечание – шаг 39

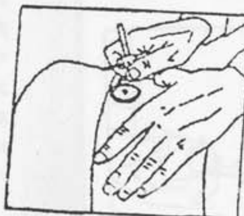


39 Замечание: трубу телескопа сделайте такой же длины, что и фокусное рассто
ние вашего главного зеркала (см. стр. 17). Затем, вырежьте окулярное отв
стие, отступив от края трубы, дальнего от главного зеркала, расстояние, рав
ее радиусу. Например, для трубы диаметром 10" (254 мм) вырежьте отверст
на расстоянии 5" (127 мм) от края трубы, для трубы диаметром 12" (305 мм
на расстоянии 6" (152 мм) и т.д. Эти расстояния предусмотрены для зер
толщиной около 1". Если Ваше зеркало толще (например, 2"), то Вам след
подвинуть отверстие дальше от зеркала (т.е. ближе к краю трубы) на 1", чтоб
скомпенсировать разницу в толщине. Таким образом, для трубы диаметром 1
с зеркалом толщиной 2" (51 мм) следует сделать отверстие на расстоянии 5"
края трубы, для 10" – на расстоянии 4" (102) и т.д.

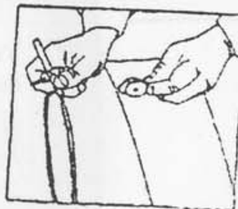
40 Расстояние, которое мы определили, указывает центр отверстия. Вырежьте отверстие по внешнему диаметру картонной окулярной трубки.



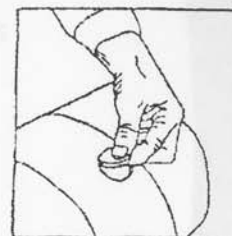
41 Если у Вас нет дрели, то можно воспользоваться острым ножом для вырезания отверстия в трубе.



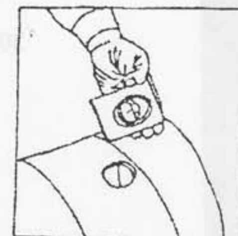
42 Можно, постепенно подрезая картон, снимать его слой за слоем.



43 Задание выполнено!



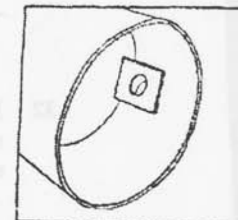
44 Теперь все готово для прикрепления окулярной трубки.



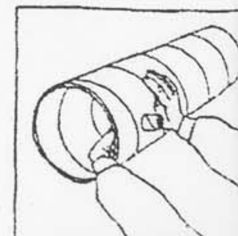
45 Картонная окулярная трубка должна хорошо входить в приготовленное отверстие. Если она проходит очень туго, то необходимо слегка расширить отверстие.



46 Окулярная трубка на месте.



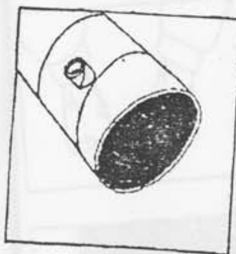
47 Вид на трубу телескопа снаружи.



48 Если Вы еще не покрасили внутреннюю сторону трубы телескопа, то сейчас следует покрасить хотя бы ту часть, что видна через окулярную трубку (в черный или другой темный цвет) (Для этих целей лучше всего использовать матовую краску – *прим. перев.*)



49 Оставьте трубу на некоторое время, пока высохнет краска.



50 Два металлических шурупа помогут надежно укрепить пластинку окулярного узла на трубе телескопа.



Подготовка окуляра

51 Вставьте окуляр в латунную трубку. Вы можете купить окуляр или воспользоваться окулярами от старого бинокля. (См. стр. 74.)



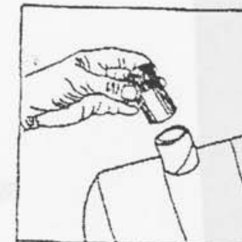
52 Если окуляр слишком мал и плохо подходит под трубку, обмотайте его один или два раза гофрированным картоном.



53 Подберите толщину картона такой, чтобы окуляр плотно входил в латунную трубку.

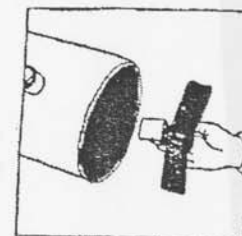


54 Окуляр готов к использованию!



Установка и юстировка крепления вторичного зеркала

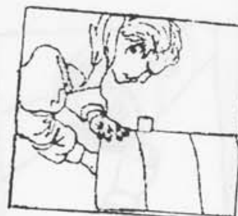
55 Проверьте, подходит ли ширина распорок к трубе телескопа.



56 Поставьте распорки так, чтобы вторичное (диагональное) зеркало было перед окулярной трубкой. (Диагональное зеркало <u>должно быть направлено в отверстие.</u>)



57 Когда вы смотрите через окулярное отверстие, вы должны видеть изображение противоположного (открытого) конца трубы в диагональном зеркале.



58 Если распорки слишком слабо фиксируются в трубе, необходимо подложить слой картона нужной толщины.



59 Подкладываем картон под одну из распорок (противоположную окуляру). Проверьте ориентацию распорок и зеркала после подкладывания картона.



60 После того, как распорки полностью установлены, через диагональное зеркало должно быть видно целиком главное зеркало (см. шаг 104). Не приклеивайте распорки к трубе до тех пор, пока не будет проведена окончательная юстировка телескопа (см. стр. 53).



Изготовление задней крышки трубы

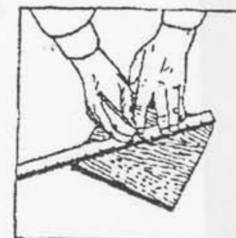
61 Задней крышкой телескопа будет служить деревянный квадрат со стороной, равной диаметру главного зеркала. (Например, 10" (254 мм) зеркало в 12" (305 мм) трубе дает сторону задней крышки 10".)



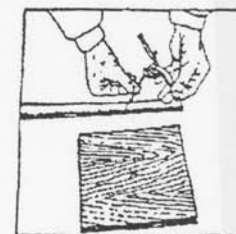
62 Отрежьте квадрат с заданными размерами – заднюю крышку Вашего телескопа.



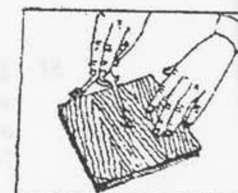
63 Найдите центр квадрата.



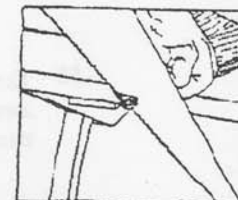
64 Установите на циркуле радиус ТРУБЫ (не радиус зеркала).



65 Отметьте на детали окружность с выбранным радиусом. Только самые уголки квадрата будут отмечены.



66 Отрежьте ножовкой уголки квадрата по карандашным отметкам. Теперь задняя крышка должна входить в трубу телескопа. (Выполните подгонку детали, если это необходимо.)



67 Проведите вторую окружность для установки юстировочных шурупов.



68 Эта окружность должна быть на 2" (5 см) меньше, чем диаметр главного зеркала. (Например, для 10" (254 мм) зеркала необходимо провести окружность диаметром 8" (204 мм).)



69 Разделите окружность на 6 равных секторов.



70 Нарисуйте часть окружности с центром в каждой из шести точек.



71 Из шести точек на окружности выбираем три (через одну), образуя таким образом равносторонний треугольник. Юстировочные шурупы будут размещены в эти точках.



72 Просверлите отверстия под шурупы. (Если возможно, удобно будет воспользоваться электродрелью.)



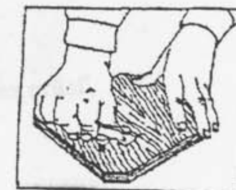
73 Отверстия для шурупов должны быть на 1/16" (1.5 мм) меньше в диаметре, чем сами шурупы, чтобы они хорошо входили в отверстия.



74 Вкрутите шурупы в заднюю крышку телескопа. Резьба шурупов должна непосредственно контактировать с деревом.



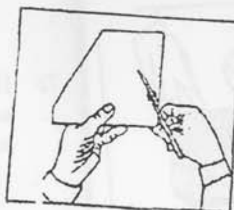
75 Шурупы должны быть очень плотно закреплены и вращаться с заметным трением.



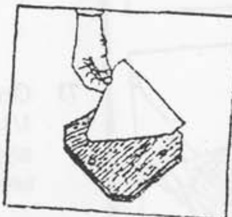
76 Вид с другой стороны: юстировочные шурупы выступают сквозь дерево.



77 Теперь отрежьте кусок тонкого (например, от коробки из-под крупы) картона в форме тругольника, который покрывает выступающие шурупы.



78 Картон должен покрыть все три шурупа на выходе из дерева.



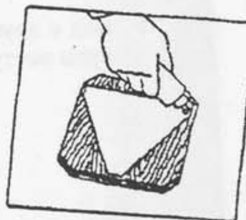
79 Приклейте картон на место. (Клей следует наносить только в центр картона!!!)



80 Дайте клею высохнуть.



81 Теперь аккуратно нанесите клей на те места картона, под которыми шурупы выходят из дерева…



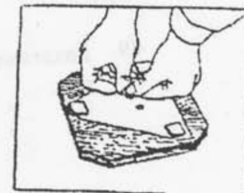
82 … и приклейте квадратики из мазонита (со стороной около 1") точно над выступающими шурупами.



83 Этот картон предохраняет зеркало от возможного повреждения юстировочными шурупами, если телескоп поставлен на свою заднюю стенку. Картон должен быть достаточно мягким, чтобы не разъюстировать объектив.

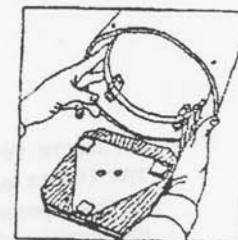


84 Зафиксируйте положение картона с помощью двух канцелярских кнопок. (Убедитесь сначала, что мазонитовые прокладки точно покрывают выступающие шурупы!)

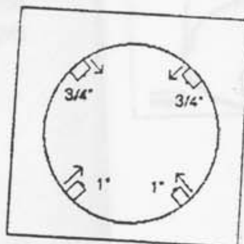


УСТАНОВКА ЗЕРКАЛА В ТРУБУ

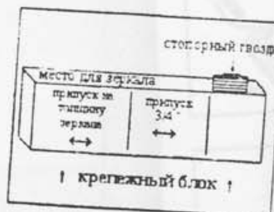
85 Мы используем четыре крепежных блока для установки зеркала в трубе телескопа. Когда зеркало установлено, оно должно лежать на двух нижних блоках, а два верхних должны быть свободны. Стопорные гвозди (можно использовать мебельные или любые другие гвозди с большой шляпкой – *прим. перев.*) забиваются на конце каждого крепежного блока, чтобы предотвратить выпадение зеркала из передней стороны трубы. После установки блоков и зеркала проверьте, не проходит ли оно мимо стопорных гвоздей. Если проходит, то вам необходимо будет увеличить высоту крепежных блоков.



86 Крепежные блоки обозначены как деталь F на планах раскройки фанеры (см. стр. 21, 23). Блоки привинчиваются на место внутри трубы телескопа. <u>Зеркало лежит на двух нижних блоках</u> и может лишь слегка задевать верхние – ни при каких обстоятельствах оно не должно быть зажато между блоками. Если блоки изготовлены из фанеры толщиной 3/4" (2 см) и шириной 1" (2.5 см) (они должны иметь длину около 4" (10 см)), нам скорее всего нужно будет поставить два блока стороной 3/4" "вверх", а два других – стороной 1" "вверх", чтобы обеспечить максимально правильную установку зеркала (см. рисунок справа).



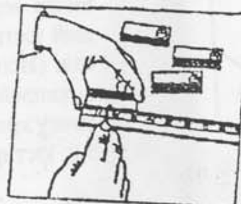
87 Стопорный гвоздь забивается в каждый блок <u>перед</u> тем, как устанавливать его в трубу. Стопорные гвозди предохраняют зеркало от выпадения через противоположный (окулярный) конец трубы. Для определения положения стопорного гвоздя, сделайте на блоке припуск на толщину зеркала плюс еще 3/4".



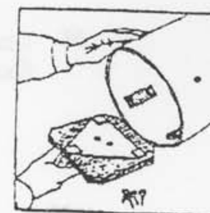
88 Стопорный гвоздь должен быть забит в каждый блок (с необходимыми припусками – см. шаг 87) <u>перед</u> тем, как укреплять их в трубе.



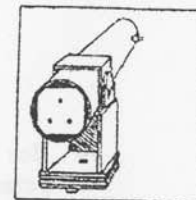
89 Подготовка блоков к установке в трубу телескопа. Для удобства надо сделать направляющие отверстия для шурупов в каждом блоке (со стороны, на которой <u>нет</u> стопорного гвоздя), в 2" (5 см) от конца (имеется в виду конец <u>без</u> стопорного гвоздя).



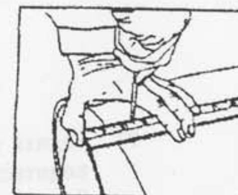
90 Крепежные блоки устанавливаются в трубу таким образом, чтобы четыре угла задней крышки (когда она установлена на место) упирались в соответствующие им четыре блока.



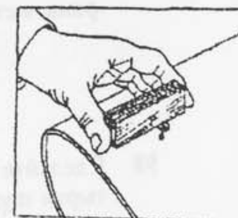
91 Для удобства окулярное отверстие следует разместить справа и горизонтально, если смотреть с задней части трубы. Один из юстировочных шурупов должен располагаться вверху трубы, как показано на рисунке.



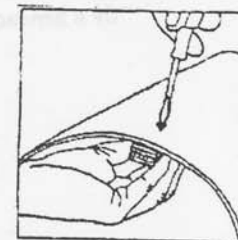
92 Подготовка к установке крепежных блоков в трубу. Направляющие отверстия для каждого шурупа следует сделать в 3" (76 мм) от заднего конца трубы.



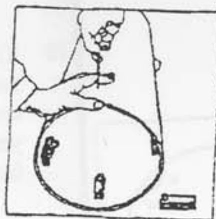
93 Такое расположение дает необходимый 1" припуск и оставляет достаточно места для установки задней крышки трубы.



94 Аккуратно прикрутите один крепежный блок на место.

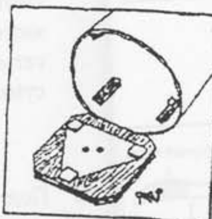


95 Сделайте то же самое с оставшимися тремя блоками.



Установка задней крышки трубы

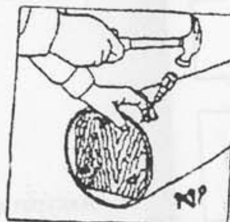
96 Все четыре блока на своих местах. Время устанавливать заднюю крышку.



97 Задняя крышка должна своими углами находиться <u>строго</u> напротив всех четырех блоков, так чтобы она не колебалась из стороны в сторону.



98 Сделайте направляющие отверстия для четырех шурупов задней крышки трубы. Шурупы должны пройти через картонную трубу в дерево.



99 Прикрутите заднюю крышку со всех четырех сторон. (Проверьте посадку крышки перед установкой зеркала.)



100 После подгонки задней крышки мы готовы к установке зеркала.



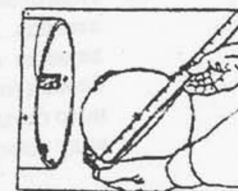
Установка зеркала

101 Соблюдайте меры предосторожности при работе с зеркалом!!!

Внимание!

Работайте с зеркалом в помещении или в тени

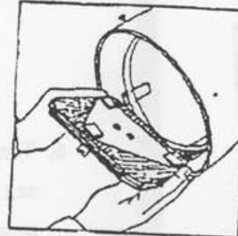
102 Осторожно прикрепите наклейку <u>точно</u> в центр зеркала. Это поможет при дальнейшей юстировке главного и вторичного зеркал. (Используйте кружочек черной бумаги с каплей клея, или же просто поставьте точку краской точно в центре зеркала. Это – т.н. юстировочная метка. – *прим. перев.*)



103 Установка зеркала.



104 После установки зеркала закройте заднюю крышку…

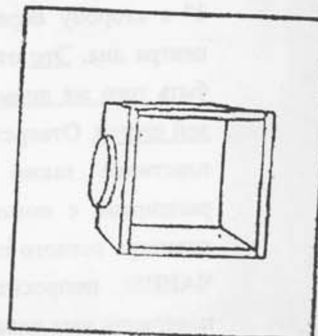


105 … и прикрутите ее к трубе. Теперь мы готовы приступить к постройке монтировки.



Сборка средника

1. Склейте и скрепите с помощью гвоздей **средник**, как показано на рисунке.
2. Прибейте две **полуоси высоты** к взаимно противоположным сторонам **средника**, как показано на рисунке. **Полуоси высоты** должны быть отцентрированы (относительно средника и друг относительно друга – *прим. перев.*).
3. Вставьте трубу телескопа в



средник. Если труба телескопа слишком свободно двигается в среднике, то это необходимо устранить, добавив прокладки (хорошо использовать мазонит) необходимой толщины между трубой и средником. После того, как закончена подгонка, вкрутите шуруп в средник с внутренней стороны трубы, чтобы придать жесткость полученной конструкции.

Определение расстояния между боковыми стенками

Один из самых сложных этапов сборки **корпуса вилки** – это определение правильного расстояния между его **боковыми стенками**. Это расстояние определяется следующим образом.

1. Измерьте ширину **средника** – но НЕ включайте ширину полуосей высоты (кругов) в ваш замер.
2. **Средник** должен входить в **корпус вилки** с припуском на **опорные подпятники**, обозначанные как деталь В (в которых лежат **полуоси высоты**). ПЛЮС припуск 1/8" (3 мм) с каждой стороны.

ФОРМУЛА для определения расстояния между боковыми стенками:
[ширина средника] + 2 [3/4" (2 мм) для опорных подпятников] + 1/4" (6 мм)

Пример 1

Ширина средника	12"
Плюс 3/4" для каждого опорного подпятника	1 1/2"
Плюс припуск 1/4" (по 1/8" с каждой стороны)	1/4"
= Расстояние между боковыми стенками	13 3/4"

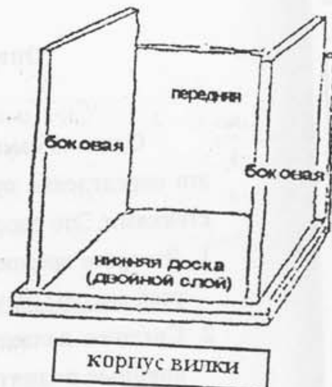
Пример 2

Ширина средника	14"
Плюс 3/4" для каждого опорного подпятника	1 1/2"
Плюс припуск 1/4" (по 1/8" с каждой стороны)	1/4"
= Расстояние между боковыми стенками	15 3/4"

ЗАМЕЧАНИЕ: Все размеры для **средника** и **вилки** телескопа Добсона определяются диаметром трубы. Используя приведенное выше соотношение, вы можете вычислить размеры деталей для телескопа Добсона <u>любой</u> величины.

Сборка корпуса вилки и основания

1. Скрепите с помощью клея и гвоздей две детали С – **дно** (его делают двойной толщины для придания монтировке дополнительной устойчивости).

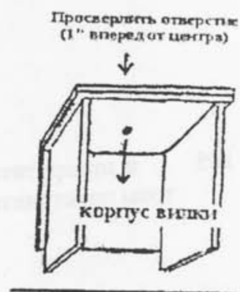


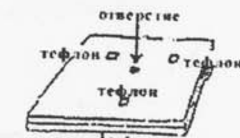
2. Прикрепите с помощью клея и гвоздей нижние части **боковых стенок** (деталь С) к верхней части **дна** на расстоянии, определенном по формуле, приведенной выше (страница 47). Проверьте, чтобы **боковые стенки** не выступали за пределы **дна**, чтобы облегчить прикрепление **передней стенки**. (Замечание: **боковые стенки** прикрепляются к верхней части **дна** короткой стороной, а **передняя стенка** прикрепляется к переднему торцу дна длинной стороной).
3. После установки **боковых стенок** приступайте к установке **передней стенки**. Сначала приложите ее на место, чтобы посмотреть, до какой высоты следует наносить клей на торцы **боковых стенок**. Затем приклейте и прибейте гвоздями **переднюю стенку**. Проверьте перед этим правильность расстояния между **боковыми стенками**.
4. Скрепите клеем и гвоздями две оставшиеся детали С – **основание**. (Как и в случае дна корпуса вилки, двойная толщина материала используется для придания конструкции дополнительной устойчивости.)

5. Найдите и отметьте центр **основания**, затем переверните ее и приклейте три **опоры** (детали D на схеме раскройки), как показано на рисунке (две опоры крепятся СПЕРЕДИ).

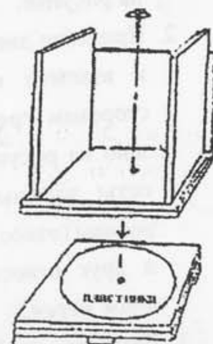


6. Теперь переверните **основание** назад. Сделайте отметку на расстоянии 1" от центра в сторону передней части (ДВУХ опор). Затем просверлите в этом месте отверстие для оси. <u>Отверстие должно быть на 1/16" (1.6 мм) меньшего диаметра, чем осевой шуруп</u>, чтобы обеспечить подгонку "на трении".





7. Переверните **корпус вилки** вверх дном. Найдите центр **дна** (не считая при этом ширины **передней стенки**). Просверлите отверстие в 1" в сторону передней стенки от центра дна. <u>Это</u> отверстие должно быть <u>того же диаметра, что и осевой шуруп</u>. Отверстие в виниловой пластинке также должно быть расширено с помощью дрели до диаметра осевого шурупа. (ЗАМЕЧАНИЕ: попросите кого-нибудь подержать вам пластинку, пока вы



Тефлоновые прокладки накрываются пластиной

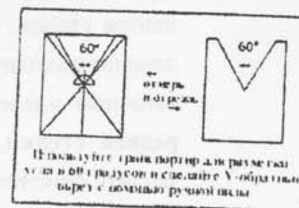
будете расширять отверстие, иначе она будет постоянно соскальзывать, что значительно усложнит вам задачу.)

8. На **основание**, стоящее на опорах, прибейте три кусочка тефлона, ориентированные по вершинам равностороннего треугольника, на расстоянии, примерно равном половине расстояния от "центрального" отверстия до опор. (Виниловая пластинка будет перемещаться по этим тефлоновым кусочкам, так что проверьте, чтобы они не выступали за край пластинки). Для прибивания кусочков тефлона используйте гвозди с маленькими шляпками. (Пластинка должна свободно перемещаться по ним и не царапаться шляпками гвоздей).
9. Теперь все готово для того, чтобы собрать воедино **корпус вилки** и **основание**. Поместите пластинку сверху на **основание**, а сверху него – непосредственно сам **корпус вилки** так, чтобы оси отверстий во всех деталях совпадали. Вставьте в отверстие шуруп с шайбой и закрутите его в основание. (Будьте внимательны и осторожны, так как вам необходимо, чтобы этот шуруп вошел сторого перпендикулярно к основанию, а не под углом). Закрутите шуруп до упора, а затем немного ослабьте. **Корпус вилки** должен плавно вращаться относительно **основания**.
10. Теперь мы готовы к балансированию трубы и креплению **опорных подпятников** полуосей высоты.

Изготовление опорных подпятников и балансировка трубы

Опорные подпятники

1. Используйте две оставшиеся детали В для изготовления **опорных подпятников**.
2. **Опорные подпятники** нужны для того, чтобы нести **полуоси высоты** на готовой монтировке. (Замечание: Использование V-образного выреза – простейший способ изготовления **опорных подпятников**, и этого вполне достаточно. Однако, некоторые телескопостроители делают вырезы в виде полуокружностей, скорее всего из чисто эстетических соображений. V-образный вырез легко выполняется с помощью ручной пилы.)
3. Для выполнения V-образного выреза найдите и отметьте центр одной из деталей В. Угол выреза должен быть около 60°, вырез исходит из центра детали. Используйте транспортир для разметки, затем сделайте вырез с помощью пилы (см. рисунок). Сделайте точно так же второй **опорный подпятник**.



Используйте транспортир для разметки угла в 60 градусов и сделайте V-образный вырез с помощью ручной пилы

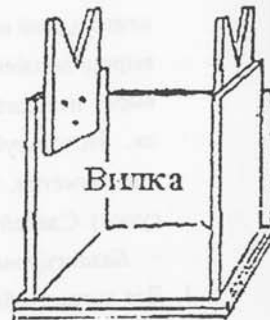
Балансировка трубы

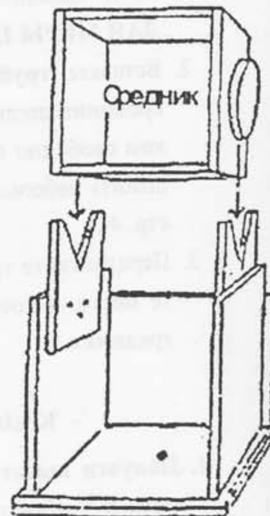
1. Для того, чтобы сбалансировать трубу, мы должны будем установить в нее главное зеркало и вторичное зеркало с распорками. Помните: **РАБОТАЙТЕ С ЗЕРКАЛАМИ, СОБЛЮДАЯ МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ!!!** (см. стр. 15).
2. Вставьте **трубу телескопа в средник**. Движение **трубы** в **furnished** должно происходить на трении. Если **труба** слишком свободно перемещается в **среднике**, то необхожимо подложить небольшой кусочек мазонита или тонкой фанеры (см. стр. 46).
3. Передвигайте **трубу телескопа в среднике**, пока не определите место, в котором вес **трубы** сбалансирован относительно **средника**.

Крепление опорных подпятников

1. **Полуоси высоты** телескопа (круги на **среднике**) располагаются в V-образных вырезах **опорных подпятников**, что позволяет телескопу свободно наводиться по высоте. Прикрепите **опорные подпятники к боковым стенкам** так, чтобы сохранялся припуск минимум 1" между **задней крышкой трубы** и **дном корпуса вилки**, когда телескоп направлен в зенит. Телескоп также должен быть способен поворачиваться в практически горизонтальном положении без помех со стороны **передней стенки**.

2. **Опорные подпятники** после соответстующих расчетов могут быть прикреплены с помощью гвоздей или шурупов к **боковым стенкам**, как показано на рисунке, немного вперед от центра стенок. Однако они должны находиться на достаточном удалении от **передней стенки**, чтобы позволить ориентирование телескопа в зенит. **Замечание**: так как подпятники могут быть передвинуты на небольшое расстояние в ту или другую сторону, если это необходимо, вы можете слегка закрепить их на месте несколькими гвоздями, а потом укрепить окончательно после установки.





3. (В дальнейшем для простоты совокупность труба + зеркала + распорки мы будем называть "телескоп", а вилку с основанием, в которой он установлен – "монтировка".)

Чтобы облегчить передвижение телескопа по оси высоты, приклейте небольшие кусочки тефлона на места контакта **полуосей высоты с опорными подпятниками**. Для этого установите телескоп в монтировку, а затем отметьте те места, в которых соприкасаются **полуоси высоты и подпятники**.

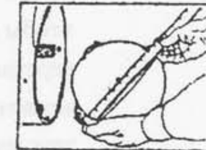
4. Набейте по небольшому кусочку тефлона в каждой отмеченной точке соприкосновения (по две с каждой стороны). Пусть

тефлон немного выступает внутрь **подпятников**, чтобы предохранить **средник** от контактов с последними. Для набивания тефлоновых кусочков используйте гвозди с маленькими шляпками. Установите телескоп обратно в монтировку. **Полуоси высоты** должны соприкасаться с **подпятниками** только в местах, где укреплен тефлон.

Юстировка диагонального зеркала

ВНИМАНИЕ! РАБОТАЯ С ЗЕРКАЛАМИ, СОБЛЮДАЙТЕ МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ! (см. стр. 15)

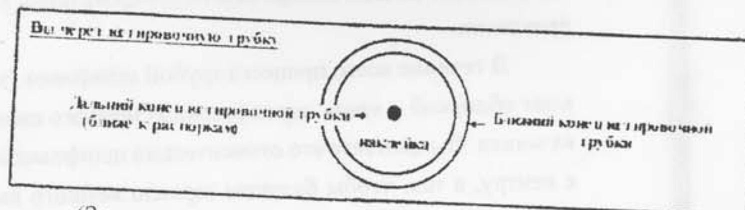
Небольшая наклейка должна отмечать центр вашего зеркала (см. шаг 102 на стр. 45). Эта наклейка поможет юстировать главное и вторичное зеркала.



1. Соберите телескоп (т. е. установите телескоп с распорками и главным зеркалом в монтировку).
2. Сориентируйте распорки вторичного зеркала так, чтобы вы могли видеть полностью отражение главного зеркала во вторичном. Вы должны видеть ВСЕ ГЛАВНОЕ ЗЕРКАЛО, а не часть его.
3. Поместите небольшую металлическую трубку (длиной около 6" и того же диаметра, что и латунная трубка, использовавшаяся для окуляра) в картонную окулярную трубку так, чтобы она выступала на несколько дюймов. Теперь представьте себе два конца этой трубки КРУГАМИ.
4. Когда вы смотрите в металлическую трубку, КРУГИ (т. е. оба конца этой трубки) ДОЛЖНЫ БЫТЬ КОНЦЕНТРИЧЕСКИМИ, А НАКЛЕЙКА ДОЛЖНА НАХОДИТЬСЯ ТОЧНО В ЦЕНТРЕ ЭТИХ КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ КРУГОВ. Вы также будете видете видеть отражение распорок, но на данном этапе не обращайте на них внимания.

Чтобы достичь более высокого качества юстировки, необходимо точно выставить распорки диагонального зеркала. Когда

эта задача выполнена, вы можете закрепить положение распорок с помощью клея.



(Замечание: перед тем, как окончательно устанавливать распорки, полезно будет вкрутить небольшие крючки с проушинами в срез деревянного стержня, противоположный диагональному зеркалу, и в трубу телескопа. Затем проушины скрепите тонкой веревкой, чтобы предохранить распорки от повреждений при возможном случайном выпадении из трубы.)

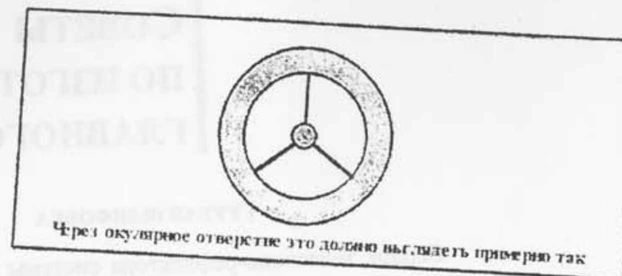
Юстировка объектива

ПОМНИТЕ! Работайте с зеркалами в помещении или в тени!

Наконец, мы подошли к заключительному этапу: юстировке главного зеркала. (Нам больше не понадобится юстировочная трубка.)

Для того, чтобы отъюстировать главное зеркало, мы с помощью юстировочных шурупов на задней крышке трубы телескопа ориентируем зеркало так, чтобы, смотря в окулярную трубку, вы видели отражение своего глаза точно в центре главного зеркала (там, где находится наклейка).

ЗАМЕЧАНИЕ: если юстировка проводится в темноте, вам необходимо слегка осветить свое лицо так, чтобы вы могли видеть отражение своего глаза в главном зеркале.



Через окулярное отверстие это должно выглядеть примерно так

Удобнее будет воспользоваться помощью товарища, т. к. в этом случае вы сможете пронаблюдать, в каком направлении движется зеркало при подводке юстировочных шурупов. Делать это самому будет намного сложнее!

В награду за все труды ваш телескоп теперь полностью собран и готов к служению популяризации астрономии!

Советы по изготовлению главного зеркала

Грубая шлифовка

Сердце телескопа-рефлектора системы Ньютона – это вогнутое параболическое зеркало со сравнительно длинным фокусом, называемое главным зеркалом или объективом. Оно собирает свет, приходящий от объекта, в фокальной плоскости, которую мы затем рассматриваем через окуляр. Все наши силы и умение должны быть направлены на то, чтобы сделать кривизну этого зеркала максимально правильной.

Для того, чтобы придать заготовке зеркалу максимально правильную форму, мы будем шлифовать ее рабочей поверхностью вниз на шлифовальнике с использованием специальных порошков (можно воспользоваться карборундом 60 (см. Приложение на стр. 73 – *прим. перев.*)). Шлифовальник должен быть на несколько дюймов меньше в диаметре, чем главное зеркало (например, 6" (152 мм) шлифовальник для 10" (254 мм) зеркала).

Для упрощения шлифовки вы можете закрепить шлифовальник по окружности с помощью трех гвоздей на рабочем столе (удобен будет стол круглой формы), и передвигаться вокруг стола во время шлифовки.

Процедура предельно проста. Вы смачиваете шлифовальник, закрепленный между гвоздями так, что он может свободно проворачиваться, но не съезжает, затем помещаете на него немного шлифовального порошка. После этого помещаете сверху заготовку зеркала рабочей поверхностью вниз. Далее вы сильно надавливаете на заготовку и двигаете ее в таком положении вперед-назад длинными штрихами, постоянно придавливая и поворачивая плавно через каждые несколько таких движений. При

этом следует иногда поворачивать шлифовальник в обратном направлении.

В течение всего процесса грубой шлифовки (также ее называют обдиркой – *прим. перев.*) зеркало немного свисает с шлифовальника. Вы двигаете его относительно шлифовальника не центр к центру, а так, чтобы будущее зеркало немного выступало сначала с одной стороны, потом с другой, примерно на четверть своего диаметра. Конечно, заготовку следует поворачивать через каждые несколько штрихов, а также иногда поворачивать шлифовальник в обратном направлении. Таким образом, будущее зеркало перемещается из стороны в сторону при постоянном надавливании и движении вперед-назад относительно шлифовальника.

Эта грубая шлифовка в положении, когда края заготовки выступают над шлифовальником, обеспечивает быстрое образование впадины в центральной части заготовки относительно ее краев и формирует первичную кривизну будущего зеркала. Это, однако, не означает, что грубая шлифовка сразу результирует сферической кривизной поверхности. Кривизна должна быть скорректирована ближе к концу процесса, когда штрихи делаются более короткими, а также уменьшается расстояние, на которое заготовка выступает относительно шлифовальника.

Шлифовка должна производить много шума. Если ее производить в темноте, то должны быть заметны искры. Когда шум заметно снижается, или движение зеркала становится более тяжелым из-за того, что шлифовальный порошок истерся в пудру и перемешался с растертым стеклом, вы должны аккуратно снять верхнее стекло (заготовку), следя за тем, чтобы не повредить ее край об шлифовальник. Ничего серьезного не произойдет, если вы поцарапаете центр заготовки о край шлифовальника, но **край заготовки должен оставаться целым**. Затем налейте на шлифовальник немного воды, положите заготовку сверху и сделайте несколько движений вперед-назад, чтобы смыть грязь и пудру с заготовки и шлифовальника. Повторите эту процедуру несколько

раз, затем насыпьте на шлифовальник немного свежего порошка и продолжайте шлифовку. Если передвижение заготовки становится затрудненным еще до того, как падает уровень шума, то вы, возможно, используете слишком много порошка. Одна порция порошка для 8" (203 мм) зеркала – это примерно половина чайной ложечки, для 12" (305 мм) зеркала – одна полная чайная ложечка.

На протяжении всего процесса шлифовки руки должны располагаться в центре заготовки, или, если вы кладете руки на заготовку отдельно, то ее центр должен находиться между ними. Это делается для того, чтобы давление рук действовало на заготовку так, как будто оно исходит из ее центра. Если вы давите обеими руками на один из краев заготовки, зеркало будет более плоским на этом участке рабочей поверхности, удлинняя таким образом фокусное расстояние.

Грубая шлифовка как правило результирует появлением на рабочей поверхности заготовки углубления в центре, которое постепенно сходит на нет к краям диска. В классическом случае следует так подобрать величину, на которую заготовка выступает относительно шлифовальника, чтобы будущее зеркало принимало необходимую форму кривизны именно в тот момент, когда формируемое углубление доходит до края диска. Появление на краях заготовки царапин нас не должно вводить в заблуждение, т. е. это не значит, что кривизна достигла краев. (Например, если шлифовальник уже использовался и имеет выпуклую форму, то края заготовки практически до самого конца будут оставаться чистыми.) Положите линейку на заготовку и посмотрите. **Если величина углубления достигает необходимого значения до того, как само углубление достигнет края диска заготовки, или если кривизна уже слишком велика, следует продолжать шлифовку, перевернув заготовку и положив шлифовальник НА нее. Эта процедура поможет исправить форму зеркала путем увеличения его фокусного расстояния.**

Большего успеха в процессе грубой шлифовки зеркала поможет добиться следующий метод контроля. Вы берете заготовку, выливаете на нее некоторое количество воды, затем ориентируете ее к Солнцу и ловите на стене его отражение от водной пленки на поверхности заготовки. Расстояние между зеркалом и наименьшей из возможных по размеру точек, в которые проецируется Солнце, будет приблизительным фокусным расстоянием зеркала на данном этапе изготовления. Когда приблизительное фокусное расстояние приближается к желаемому значению, это значит, что грубая шлифовка достигла цели и можно переходить к следующему этапу.

В общем процесс грубой шлифовки 10" или 12" зеркала не должен занимать более 4 часов.

Тонкая шлифовка

После придания заготовке необходимой кривизны с помощью грубой шлифовки, нам остается провести фигуризацию зеркала тонкой его шлифовкой и полировкой, чтобы в итоге получить поверхность, максимально близкую к параболоиду вращения.

Тонкая шлифовка производится таким же образом, как и в конце грубой шлифовки, только с помощью набора более мелких порошков 100, 220, 320 и 500, и заканчивается 5-микронным порошком (соответствие принятым сейчас обозначениям см. в Приложении на стр. 73 – *прим. перев.*) (использовать около 15 порций). После этого производится полировка. Смысл использования все более и более мелких порошков заключается в удалении продуктов разрушения зеркала порошком предыдущего номера, а также в сведении с его поверхности грубых царапин, оставшихся после грубой шлифовки. Обычно достаточно использовать по 8 порций порошка каждого номера. Полнота удаления грубых царапин и неровностей может быть проверена ориентированием вымытого и сухого зеркала на источник света (**не Солнце!**). Крупные царапины будут выделяться на фоне более мелких.

Следует обращать внимание на процесс очистки зеркала при переходе от одного порошка к другому, более мелкому. Следите, чтобы на зеркале не оставалось следов предыдущего порошка. Прежде чем перейти к более мелкому порошку, следует вытереть стол и шлифовальник, а также вымыть зеркало и обратить внимание на то, чтобы частицы предыдущего порошка не оставались на одежде или в воде.

Помните, что порошок № 100 (и даже № 220) способен существенно изменить фокусное расстояние шлифуемого зеркала. Лучше всего периодически проверять фокусное расстояние, и если оно слишком мало – увеличить его, шлифуя, положив шлифовальник сверху зеркала.

Следует также следить за тем, чтобы в процессе тонкой шлифовки зеркало не пришлифовывалось, притиралось к шлифовальнику. Короткие быстрые штрихи в положении почти центр к центру предупреждают слипание. Если это все-таки случилось, их можно разделить в теплой воде.

Будьте также осторожны и предохраняйте зеркало от царапин и других повреждений. Мелкодисперсные порошки не царапают зеркало так, как грубые, и использовать их нужно в гораздо меньших количествах. Распределите их пальцами равномерно по поверхности шлифовальника и налейте сверху немного воды прежде, чем приступить к шлифовке. В противном случае, зеркало может свободно проворачиваться на скоплении порошка или проскальзывать на избытке воды, что может привести к соударению шлифовальника с зеркалом и к повреждению последнего. Высыхание краев также может привести к появлению на них царапин, которые, с первого взгляда, не несут в себе серьезной "опасности" для качества будущего зеркала. Однако, по своей сути они серьезнее, чем царапины от грубого порошка, т. к. являются более широкими.

Выше мы заметили, что тонкая шлифовка производится практически так же, как и последние стадии грубой шлифовки (без длинных штрихов и большого сдвига относительно шлифовальника). Есть, однако, и некоторые особенности. Мелкие дефекты формы зеркала не имеют практически никакого значения в процессе обдирки, но их не должно остаться после тонкой шлифовки, иначе вы не сможете правильно провести полировку. Штрихи при тонкой шлифовке и полировке должны быть практически одинаковыми. В процессе тонкой шлифовки и полировки с зеркалом сверху, если небольшое избыточное давление приложено левой рукой, когда зеркало немного "нависает" вправо, и, соответственно, если небольшое избыточное давление приложено правой рукой, когда зеркало немного "нависает" влево, получаемая кривая будет максимально приближаться к параболоиду вращения. Если тонкая шлифовка и полировка производятся с шлифовальником сверху, избыточное давление должно прикладываться, когда край шлифовальника "нависает" над краем зеркала. Если шлифовальник существенно меньше зеркала по диаметру, то шлифовку и полировку следует проводить с шлифовальником сверху.

Хорошая идея – использование теплой воды на последних стадиях тонкой шлифовки и в процессе полировки.

Проблемы, ошибки, предосторожности при шлифовке

Ошибки шлифовки

Отсутствие сокращения длины штрихов или величины "нависания" в процессе тонкой шлифовки обычно результирует трудностями при полировке центральной части зеркала.

Применение слишком большого давления на нависающий край зеркала обычно результирует матовым кругом толщиной около дюйма от края, при полировке которого могут возникнуть трудности.

Неаккуратное разделение дисков при тонкой шлифовке или использование холодной воды при том, что зеркало нагрето руками, может привести к трудностям при полировке областей около края диска.

Если вы не будете использовать для изготовления полировальника шлифовальник, то эти дефекты можно будет устранить дальнейшей шлифовкой без повторной процедуры изготовления полировальника.

Если вы продумали все наперед и изготовили два зеркала на одном и том же шлифовальнике, вы можете сделать солнечный телескоп и телескоп для ночных наблюдений, которые можно будет устанавливать на одной и той же монтировке попеременно.

Тестирование фокусного расстояния

Если, по некоторым причинам, Солнце недоступно для измерения предварительного фокусного расстояния вашего зеркала, вы можете протестировать его в темном помещении с использованием точечного источника света. Но в данном случае вы должны помнить, что расстояние между зеркалом и наилучшим изображением источника света, им построенным, возрастает с уменьшением расстояния между зеркалом и источником. Самый точный способ определения в таком случае – это когда источник света и его изображение находятся на одинаковом расстоянии от зеркала. В таком случае это расстояние будет примерно в два раза превышать приблизительное фокусное расстояние зеркала. Так, зеркало, которое будет давать наилучшее изображение Солнца на расстоянии 5 футов, даст изображение точечного источника света на расстоянии 10 футов, если сам источник находится на таком же расстоянии от зеркала.

Астигматизм

Если при изготовлении зеркала большее усилие прикладывалось в направлении штрихов, например, север-юг, и меньшее – в направлении восток-запад, то кривизна зеркала по этим направлениям будет различной. Этот дефект получил название астигматизм.

Исследуйте некруглое изображение вблизи фокуса с обеих сторон: такая картина будет выглядеть как горизонтально ориентированный эллипс с одной стороны от фокуса, и как

вертикально ориентированный – с другой. Если при исследовании дифракционной картины в окуляр мы наблюдаем изображение такого характера, зеркало может обладать астигматизмом. Если ориентация некруглой картины не вращается с вращением глаза/окуляра/объектива, то, скорее всего, причина в неправильной юстировке диагонального зеркала. Если это так, исправьте ошибку! Если ориентация вращается вместе с окуляром – причина в нем. Если вместе с объективом – возвращайтесь к порошку № 400!

Есть несколько возможных причин астигматизма изготовляемого вами зеркала. Внутренние напряжения в зеркале в процессе шлифовки или полировки могут внести астигматизм. Или же он может возникнуть вследствие шлифовки или полировки зеркала с неровной и не очень плоской задней поверхностью "шлифовальником сверху" на плоском столе. Также он может стать результатом неправильного вращения заготовки во время шлифовки. Если вы сначала вращаете заготовку некоторое время в одном направлении, а затем – в другом, с большой долей вероятности вы изготовите зеркало с астигматизмом.

Если ваша манера вращения заготовки неправильна – улучшите ее! Если ваш стол слишком плоский, подложите канцелярские кнопки под зеркало там, где нужно. Если у вашей заготовки присутствуют внутренние напряжения, ее необходимо отжечь или заменить. В любом случае, потеря не превысит одной заготовки и времени, потраченного на работу с ней – которое в свою очередь не должно превышать одного часа на дюйм апертуры.

Возможные неудачи

Нужно следить за тем, чтобы не разбить шлифовальник или не сточить его к концу тонкой шлифовки, чтобы плоская поверхность нового не стачивала край зеркала. В этом случае необходимо будет вернуться к грубой шлифовке, чтобы исправить ошибку.

И, конечно же, самая большая неудача, которая может вас постичь – разбитое зеркало. Эта неудача тем тяжелее, чем больше времени вы потратили на его обработку. Если зеркало все-таки разбилось, сделайте новое! Если зеркало повреждено, но не разбито, форму можно немного видоизменить, вернувшись к порошку № 320.

Подготовка полирующей смеси и полировальника

После того, как мы сформировали кривизну зеркала в процессе грубой шлифовки и фигуризовали зеркало тонкой шлифовкой, нам необходимо завершить доводку полировкой. В процессе шлифовки зерна абразивов терлись о поверхности стекол и откалывали от них небольшие кусочки. Фигуризация тонкой шлифовкой имеет, в частности, одной из своих целей продолжение данного процесса все меньшими и меньшими абразивными зернами, чтобы уменьшить размеры производимых ими царапин на зеркале. Полировка принципиально отличается от предыдущих двух процедур. При полировке абразив как бы закреплен на более мягком материале. Эта основа и называется полировальником.

Существет несколько вариантов абразивов для полировки и несколько типов материала для полировальника. Материал полировальника должен хорошо подходить, соответствовать кривизне зеркала, он должен поддаваться изменению формы при внешнем воздействии, а также он должен хорошо закреплять и удерживать абразив относительно поверхности зеркала в процессе полировки. Можно использовать пчелиный воск или смолу (деготь, т.п.), однако мы чаще всего используем смоляной вар для полировальника и оксид церия в качестве абразива (можно использовать более доступный у нас, однако чуть менее эффективный полирит – *прим. перев.*).

Нам необходимо начать с нескольких кусков канифоли и небольшого количества скипидара (их легко достать в строительных магазинах) и составить наш смоляной вар, смешав эти компо-

ненты. (**Если вы не хотите готовить ваш собственный вар из канифоли и скипидара, вы можете приобрести его у поставщиков аксессуаров для телескопов и телескопостроения. Нагрейте его тем же способом. –** *прим. ред. оригинала*). (Отечественные профессионалы часто используют состав 30% древесной смолы + 70% канифоли – *прим. перев.*). Медленно нагрейте канифоль, например, в консервной банке, на небольшом огне. Нагревайте и помешивайте канифоль до тех пор, пока она не приобретет медообразную консистенцию. Когда расплавятся последние кусочки, добавьте в емкость немного скипидара, примерно две столовые ложки на фунт (мера веса, использующаяся в англоязычных странах, 1 фунт = 453.6 г – *прим. перев.*) канифоли, тщательно перемешайте и доведите нагревание до тех пор, пока смесь не приобретет медообразную консистенцию.

Тем временем, тщательно очистите ваше зеркало и нагрейте шлифовальник в струе горячей водопроводной воды. Застелите рабочий стол несколькими старыми газетами, приготовьте и смочите деревянную палочку, например, перекладину от тремпеля, для проделывания канавок на поверхности полировальника. Приготовьте также некоторое количество оксида церия, емкость с водой для смачивания поверхности зеркала и небольшой кусок ткани или бумаги для нанесения скипидара на поверхность теплого сухого шлифовальника, чтобы в нужный момент все это оказалось под рукой.

Когда все будет готово, смочите рабочую поверхность зеркала и нанесите на нее небольшое количество оксида церия. Вытрите насухо рабочую поверхность шлифовальника и нанесите на нее немного скипидара. Затем медленно вылейте горячий смоляной вар в центр рабочей поверхности шлифовальника и следите за тем, как он растекается к краям. В принципе, он не должен сразу достичь краев шлифовальника. Если вам кажется, что вар растекается неравномерно во всех направлениях, сместите точку, в которой вы наливаете его на шлифовальник, немного сторону, в которую он течет медленнее всего. Когда вам покажется, что и

без дальнейшего доливания вар достигнет краев шлифовальника, прекратите выливание и подождите некоторое время. Если вар подходит к краю слишком близко, поднимите этот край или направьте поток в нужную сторону мокрыми пальцами.

Практически сразу же, как только вар перестал растекаться, мы слегка прижимаем вар на шлифовальнике рабочей поверхностью зеркала так, чтобы он практически достиг краев шлифовальника. Затем быстро проверните немного зеркало, чтобы убедиться, что оно не прилипло, и снимите с будущего полировальника. Затем, также быстро, сделайте в полировальнике канавки с помощью предварительно смоченной палочки.

Первая канавка должна пересекать диск примерно в полудюйме от центра. Затем проделайте серию канавок, параллельных данной, на расстоянии чуть больше дюйма между соседними канавками, доводя их до самых краев. После этого проделайте канавку, проходящую почти через центр диска перпендикулярно первой. Затем – еще серию параллельных ей канавок с расстоянием между соседними немного больше дюйма, доходящий до самых краев диска полировальника. После этого проведите еще раз палочкой по первой серии канавок, затем по второй. Если это необходимо, придерживайте края диска полировальника. После того, как все будет сделано, еще раз слегка прижмите поверхность полировальника смоченной рабочей поверхностью зеркала. Полировальник готов, можно приступать к полировке.

Когда вы повторно придавливаете полировальник зеркалом после проделывания канавок, он должен быит еще достаточно мягким, чтобы получившиеся у вас квадратики приняли форму кривизны зеркала. Если полировальник слишком мягок и есть риск того, что смажутся канавки, подождите немного перед тем, как накладывать зеркало. Если необходимо, проделайте канавки еще раз. Если же, наоборот, полировальник слишком твердый, нагрейте его немного в духовке или в горячей воде.

В процессе затвердевания полировальника при его охлаждении следует иногда двигать зеркало, чтобы избежать образования на его рабочей поверхности градиентов температуры. Избыток вара, который может образоваться (т.е. не входящий в форму полировальника), необходимо удалить.

Если это возможно, желательно произвести полировку сразу же после того, как полировальник затвердеет.

В процессе проведения занятий по телескопостроению, Тротуарные астрономы достигли скорости около 20 полировальников в час с соблюдением приведенной технологии. Эта сравнительно быстрая по времени выполнения задача, конечно, грязная, но она не должна восприниматься как трудная.

Цель проделывания канавок на поверхности полировальника – позволить ему под давлением с вашей стороны прижиматься к зеркалу и принимать в точности форму его кривизны.

Если во время работы канавки постепенно сгладятся, полировальник необходимо нагреть и проделать их снова. Полировальник можно нагреть в горячей воде, в духовке или, если позволяет погода, на солнце. В теплый летний безветренный день такое обновление полировальника делается очень легко, так как нет риска, что он быстро станет слишком твердым.

Совершенно не обязательно изготавливать полировальник с помощью того же самого шлифовальника, которым шлифовалось зеркало. Тротуарные астрономы, например, сохраняют полировальники от одного занятия к другому. Их необходимо только нагреть и позволить им принять форму другого зеркала. Положительная черта такой взаимозаменяемости – это то, что "родной" шлифовальник остается доступным для исправления ошибок, допущенных при тонкой шлифовке, без последующего изготовления "с нуля" нового полировальника. Полировальник может быть изготовлен на основе другого шлифовальника или даже плоской заготовки с одним лишь условием: он должен быть меньше зеркала по диаметру, иначе давление на его поверхность становится фактически невозможным.

Полировка

Процедура полировки предельно проста. Штрихи при полировке делаются такими же, как и при тонкой шлифовке. Когда движения становятся слишком свободными, добавляйте немного оксида церия и теплой воды на рабочую поверхность зеркала. Новая задача, с которой вы столкнетесь – следить за состоянием полировальника. Он должен быть постоянно под давлением ваших рук и держать форму зеркала.

Предпочтительно начинать полировку сразу же после того, как полировальник станет достаточно твердым и готовым к работе, и продолжать ее до тех пор, пока зеркало не станет глянцевым, хорошо отражающим свет. Однако обстоятельства часто диктуют свои условия. Если вам необходимо прервать полировку на небольшой промежуток времени (час-два), зеркало можно просто оставить на смоченном полировальнике в перевернутом виде (зеркало сверху). Если оставить его в таком виде на более длительный промежуток времени, особенно в теплую сухую погоду, то зеркало может прилипнуть к полировальнику, когда тот высохнет. Для более длительных перерывов мы должны сохранять полировальник сухим, но также в прижатом виде. Когда вам необходимо сделать более длительный перерыв в полировке, отделите полировальник от зеркала и вытрите поверхность зеркала сухой чистой тряпочкой. Подождите, пока с поверхности полировальника также испарится влага. Затем положите зеркало сверху на полировальник, следя за тем, чтобы зеркало не скользнуло по его поверхности. На тряпочке может скопиться оксид церия, поэтому ее необходимо изредка вытрушивать, однако не следует ее стирать. Если зеркало все же прилипнет к полировальнику, разделите их руками под холодной водой.

Необходимо, чтобы полировальник был постоянно прижат таким образом рабочей поверхностью зеркала до тех пор, пока фигуризация и полировка будут закончены и зеркало будет готово к алюминированию. Также важно следить за тем, чтобы с рабочей поверхностью зеркала и полировальника на данном заключительном этапе не соприкасались никакие посторонние предметы. Если на поверхность полировальника попадет посторонняя частица, она поднимет уровень поверхности в этом месте, и станет причиной дефекта на поверхности зеркала. Если все же полировальник загрязнен, то его следует очистить под струей воды с помощью щетки или кисточки.

Полировка займет примерно от 10 до 15 минут на каждый дюйм апертуры зеркала, и потребует больше усилий, чем шлифовка, так как передвижения полировальника по зеркалу происходят труднее.

Штрихи становятся тем труднее, чем сильнее вы давите на полировальник и чем теснее контакт его с поверхностью зеркала. Если штрихи очень сильно затруднены, то вы можете облегчить их путем увеличения количества канавок на полировальнике или добавления дополнительного количества полирующей смеси. Полирующая смесь, непосредственно производящая полировку, втирается в полировальник и контактирует с зеркалом. Избыток полирующей смеси служит аналогично смазке и может ухудшить контакт полировальника с зеркалом. Этот факт следует использовать при дальнейшей фигуризации для контроля площади контакта зеркала с полировальником.

Если вы возобновляете работу после небольшого перерыва, то рекомендуется размягчить полировальник в теплой воде в течение 5-10 минут прежде, чем начать. После этого нанесите на рабочую поверхность зеркала небольшое количество оксида церия, быстро смочите ее теплой водой и начинайте полировку снова. Сначала полируйте мягко, короткими штрихами и не очень сильно надавливая, чтобы дать возможность зеркалу разогреться. Постепенно увеличивайте длину штрихов и давление. Когда полировка в самом разгаре, зеркало разогревается собственно самим процессом.

Замечание: в процессе полировки следите за тем, чтобы канавки в полировальнике не сглаживались. В случае, если это произошло, вам будет необходимо переделать их. Постепенно ос-

торожно нагрейте полировальник, сначала в теплой воде, потом – во все более и более горячей, до тех пор, пока он не станет достаточно мягким для того, чтобы снова провести канавки с помощью смоченной водой палочки. Когда ваше зеркало будет отполировано до того состояния, что матовая поверхность, полученная после тонкой шлифовки, фактически станет зеркальной, подойдет очередь следующего этапа – фигуризации зеркала (т.е. подгонки его поверхности к параболоиду вращения). Отклонение полученной окончательной кривой от желаемого параболоида допустимо на уровне двух миллионных дюйма ($5 \cdot 10^{-6}$ см – *прим. перев.*).

Фигуризацию как таковую можно разделить на 2 совершенно разных процесса: "чтение" профиля кривизны зеркала и его доводка. Сначала вы должны "прочитать" профиль зеркала, чтобы определить природу и величину возможных дефектов. Затем, вы должны внести такие изменения в методику полировки, чтобы они позволили избирательно отполировать те области зеркала, которые выше необходимого уровня.

К стастью, есть несколько превосходных методов "чтения" дефектов профиля зеркала размером вплоть до одной миллионной дюйма. С другой стороны, большинство таких методов достаточно непросты и требуют специального оборудования, так как измерения ведутся из центре кривизны зеркала. У сферического зеркала есть центр кривизны, но только приблизительная точка фокуса. Параболоид имеет фокус, но не имеет точного центра кривизны. Мы будем проводить тестирование в фокусе.

В этой книге мы не затронем более рассуждения на тему: какой метод тестирования наиболее прост и точен. Мы будем "читать" профиль кривизны зеркала через окуляр телескопа и приближать его к параболоиду. Производить это мы будем в условиях, в которых зеркало предполагается использовать в дальнейшем.

Наведите телескоп на яркую звезду, отфокусируйте изображение в окуляре. Затем, передвинув окуляр сначала в одном, потом в противоположном направлении, выведите звезду из фокуса. Сравните распределение света на этих двух внефокальных дисках. Если зеркало – параболоид, оба внефокальных изображения звезды будут идентичны при условии, что окуляр в разные стороны выдвигался на одно и то же расстояние по отношению к фокусу. Если же они не идентичны, то по различиям в распределении света в этих дисках мы определим характер дефектов зеркала.

Любой участок зеркала, который собирает слишком много света в диск <u>за фокусом</u> – слишком плоский и должен быть углублен.

Этот метод "чтения" профиля кривизны зеркала не требует никакой математики, сложных вычислений или дополнительного оборудования.

Контроль кривизны зеркала

Ниже приведены примеры наиболее частых возможных проблем, которые могут возникнуть на стадии фигуризации, и способы их решения.

<u>Перед фокусом</u>	<u>После фокуса</u>	<u>Проблема / решение</u>
Светлое пятно в центре	Темное пятно в центре	Центр зеркала слишком глубокий. Полируйте короткими штрихами центр к центру.
Темное пятно в центре	Светлое пятно в центре	Центр зеркала слишком плоский. Полируйте длинными штрихами, полировальник должен слегка нависать над краем зеркала. Для корректрирования центра можно изготовить меньший полировальник и работать им, не подвергая опасности крайние области зеркала.

Светлое кольцо на краю диска за фокусом указывает на дефект, который называется "подвернутый край". Зеркало слишком

плоское <u>возле</u> края (не на краю!). Иногда это можно исправить, используя большой палец как полировальник и двигая его по кругу около края зеркала, направляя движения остальными пальцами руки.

Проблемы, ошибки, предосторожности при полировке

Скипидар легко воспламеняется. Опасно работать с ним вблизи открытого огня. Последствия этой ошибки могут быть катастрофическими.

Вопреки вашим усилиям, во время выливания смоляного вара на шлифовальник, он может вытечь за пределы последнего. Ничего страшного, все равно прижимайте его зеркалом и продолжайте работу. Излишки вы сможете удалить немного позднее.

Если поверхность зеркала недостаточно увлажнена, то в тот момент, когда вы прижимаете им полировальник и снимаете его, на зеркале может остаться значительная часть самого полировальника (это также может произойти, если вы выливаете и затем прессуете слишком горячий вар). Не паникуйте, просто отделите смолу от зеркала мокрыми пальцами, снова смочите зеркало, налейте свежей смолы на шлифовальник и попробуйте снова. Действуйте быстро, но не паникуйте. Если получается еще хуже, освободите от смолы обе поверхности и начните сначала.

Изготовление полировальника таким образом – процесс достаточно быстрый. Не пытайтесь читать инструкции в процессе работы. Читать, как это сделать, вы будете гораздо дольше, чем собственно делать!

ВНИМАНИЕ!!!

Солнечный свет, отраженный от поверхности зеркала телескопа, может стать причиной потери зрения или спровоцировать пожар.

С зеркалами телескопа, прошедшими стадию тонкой шлифовки или полировки, следует работать <u>в помещении или в тени!</u>

Приложения

Абразивные материалы

(приводится по книге: *Наумов Д. А.* Изготовление оптики для любительских телескопов-рефлекторов и ее контроль. – М.: Наука, 1988, с. 65)

Группа материала	Номер зернистости	Размер основной фракции, мкм	Старое обозначение	Примечание
Шлифзерно	25	315-250	60	Грубое шлифование, обдирка зеркала.
	20	250-200	70	
	16	200-160	80	
Шлифопорошки	12	160-125	100	Среднее шлифование, вырезание отверстий в зеркале, снятие фасок.
	10	125-100	120	
	8	100-80	150	
	6	80-63	180	
	5	63-50	230	
	4	50-40	280	
	3	40-28	320	
Микропорошки	M40	40-28	10	Тонкое шлифование, получение расчетных значений формы поверхностей, чистовая обработка фасок, торцевых поверхностей и др.
	M28	28-20	15	
	M20	20-14	30	
	M14	14-10	60	
Тонкие микропорошки	M10	10-7	120	
	M7	7-5	240	
	M5	5-3	480	

Производители астрономической оптики и аксессуаров

Промышленные предприятия

Завод "Арсенал" – телескопы "Arsat ТЛ-80", оптические приборы, приборы для космической техники.
Адрес: 01601, Украина, г. Киев, ул. Московская, 8
Тел.: (044) 291-49-78. Факс: 293-15-09

Новосибирский приборостроительный завод – телескопы серии "ТАЛ", комплекты оптики для телескопов, оптические приборы.
Адрес: 630049, Российская Федерация, г. Новосибирск, Красный пр-т, 167
Тел.: (3832) 28-32-00. Факс: 26-37-09

Ленинградское оптико-механическое объединение (ЛОМО) – телескопы, оптические и точные приборы.
Адрес: 194044, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул.Чугунная, 20
Тел.: (812) 248-55-52, 248-50-32. Факс: 542-22-69, 542-03-96

Лыткаринский завод оптического стекла - телескопы, оптические приборы.
Адрес: 140061, Российская Федерация, Московская обл., г.Лыткарино
Тел.: (095) 552-18-90. Факс: 552-15-17

Частные мастерские

Александр Железняк, Астрономическая обсерватория Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина – телескопы, комплекты оптики диаметром до 500 мм для телескопов разных систем.
Адрес: zheleznyak@astron.kharkov.ua

Николай Фацевский, Одесская астрономическая обсерватория – комплекты зеркал для телескопов системы Ньютона 150-200 мм.
Тел.: (0482) 25-43-55

Список рекомендованной литературы по телескопостроению

1. *Сикорук Л. Л.* Телескопы для любителей астрономии. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1990. – 368 с. с илл. // Библиотека любителя астрономии.
2. *Наумов Д. А.* Изготовление оптики для любительских телескопов-рефлекторов и ее контроль. – М.: Наука, 1988. – 160 с. с илл. // Библотека любителя астрономии.
3. *Навашин М. С.* Телескоп астронома-любителя. – 4-е изд. – М.: Наука, 1979. – 439 с.
4. *Максутов Д. Д.* Астрономическая оптика. – М.; Л.: Наука, 1979.
5. *Максутов Д. Д.* Изготовление и исследование астрономической оптики. – М.: Наука, 1984.
6. *Куликовский П. Г.* Справочник атронома-любителя. – 4-е изд. – М.: Наука, 1971.
7. *Воронин А. Т.* Графический метод проверки качества параболического зеркала // Земля и Вселенная. – 1988. – № 1.
8. *Витриченко Э. А.* Методы исследования астрономической оптики. – М.: Наука, 1980. – 152 с.



Харьковский астрономический клуб "Астерион"

Д. А. Свечкарев

Харьковский астрономический клуб "Астерион" был создан 20 апреля 1999 года группой харьковских любителей астрономии. В настоящее время клуб насчитывает более 15 активных членов.

Интересы членов клуба, практические и теоретические, покрывают почти весь спектр разделов современной астрономии. Это наблюдения затмений, метеорных потоков, комет, астероидов, исследование астроклимата Харькова, телескопостроение, астрофотография, проблемы развития информационного обмена и астрономических ресурсов в сети Интернет.

Председатель	Вадим Кайдаш
Секретарь	Дмитрий Федотов
Казначей	Ярослав Струк
Исполнительный сектретарь	Денис Свечкарев

За время своего существования в клубе подготовлены и проведены следующие программы: фотографические наблюдения частных фаз полного солнечного затмения 11 августа 1999 года (были организованы 5 экспедиций в разные точки по Украине, получено более сотни снимков, большинство из которых – с известным до 0,5 сек временем экспозиции); базисные фотографические наблюдения метеорного дождя Леонид 17-18 ноября 1999 года (было организовано 3 экспедиции взаиморавноудаленных на ~ 60 км, успешному выполнению помешали неблагоприятные погодные условия); фотографические наблюдения метеорного дождя Геминид 13-14 декабря 1999 года (помешали неблагоприятные погодные условия); фотографические и визуальные фотометрические наблюдения кометы C/1999 S4 (LINEAR) в июне-июле 2000 года (получено несколько десятков снимков кометы, визуальные фотометрические данные направлены в Международный кометный журнал и опубликованы в полном объеме в *International Comet Quarterly* **22**(3), 2000, получен статус наблюдательной группы ICQ); визуальные наблюдения метеорного дождя Леонид 16-17-18 ноября 2000 года (наблюдения проводились в рамках программы Международной метеорной организации, был показан пик активности в полном соответствии с новой моделью МакНота-Эшера); фотографические и визуальные фотометрические наблюдения кометы C/2001 A2 (LINEAR) в апреле, а потом в июле 2001 года (получено более 35 фотометрических измерений, несколько десятков фотографий, данные в полном объеме опубликованы в *International Comet Quarterly* **23**(3), 2001.


Коллектив астроклуба
Фото: Д. В. Федотов


Телескоп Харьковского Планетария "Meniscus" фирмы Karl Zeiss. 150-мм рефлектор 1:15 системы Максутова-Кассегрена
Фото: Д. А. Свечкарев

С октября 1999 года функционирует официальный сайт клуба в сети Интернет. Проведено также более 90 заседаний с регулярными докладами членов клуба, а также гостей – ведущих астрономов-профессионалов Астрономической обсерватории Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина. Радиоастрономического института НАНУ.

В своей деятельности астроклуб тесно сотрудничает с Харьковским Планетарием имени летчика-космонавта Ю. А. Гагарина (в частности, основной объем визуальных фотометрических наблюдений кометы C/1999 S4 (LINEAR) был проведен с помощью телескопа Планетария).

Большую помощь в подготовке и проведении наблюдений оказывает астрономический кружок Харьковского городского детского дворца культуры (инструмент кружка – 10" (250-мм) 1:15 рефлектор системы Кассегрена).

В настоящее время клуб уделяет большое внимание проблемам взаимообмена информацией между организациями любителей астрономии Украины и координации совместных наблюдательных программ.

Адреса астроклуба:

WEB:
http://www.isc.kharkov.com/asterion

E-mail:
ndf@isc.kharkov.com (Д. В. Федотов)
clubtre@sky.net.ua (Д. А. Свечкарев)

Почта:
Д. А. Свечкарев, а/я 8857, 61058 Харьков, Украина

Мы будем рады сотрудничеству с Вами!